الهيئة العامة للأبنية التعليمية

مبادىء هندسة التكييف لمهندسى الكهرباء

إعداد
د. محمد محمد حامد
استشاري الهيئة العامة للأبنية التعليمية
أستاذ هندسة النظم الكهربية بكلية الهندسة ببور سعيد
عام ٢٠٠٢

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تهتم الهيئة العامة برفع كفاءة المهندس التنفيذي ووضع كافة التقنيات الحديثة أمامه من خلال التدريب المستمر وبالرغم من أن الأعمال الكهربائية لا تمثل أكثر من ٢٠ % في أكبر الحالات إلا أن عملية دفع مهندس الكهرباء لأداء عمله علي أفضل المستويات كما أنه تتواجد بعض التخصصات المتداخلة مع أعمال الكهرباء وكان أحد هذه التخصصات هو هندسة التكييف وهو موضوع الكتيب الحالي والموجه لمهندسي الكهرباء للتعريف بأهم أساسيات العمل الهندسي في مجال التبريد والتكييف سواء كان علي مستوى الوحدات صغيرة القدرة أو علي المستوى المركزي وكلاهما يتم تنفيذه بأعمال الهيئة العامة للأبنية التعليمية .

الفصل الأول

نبذة

عملية تكييف الهواء المحيط أصبحت من المتطلبات الضرورية في العصر الحديث سواء كان ذلك بالنسبة للأفراد من أجل الحصول علي كفاءة أداء أعلي منهم كعاملين أو لإضفاء مناخ الراحة علي المواطنين عموما أو بالنسبة للمعدات ولأجهزة خاصة الإلكترونية مثل الحاسب الآلي والمشغلات الدقيقة التي تطورت لتصبح سمة الأجهزة الحديثة والتي لا يعتقد أنه سيأتي جهازا واحدا أو معدة إلا وأن يكون المشغل الدقيق جزءا منها ونحن نري أن قرنا جديدا قد بدأ بكل مشتملاته من التقنيات عالية المستوى يحمل من المهام لها في طياته الاختراعات والابتكارات في كافة المجالات ومن ثم نجد أن موضوع التكييف عموما من الضروريات الملحة وبالتالي نجد أن موضوع هندسة التكييف بصورة متخصصة لمهندسي الكهرباء كموضوع حيوي يحتاج إلي بعض الشرح والتفصيل الجوهري نفصله بإيجاز علي النحو المعروض في السطور القادمة .

١-١ : المكونات Components

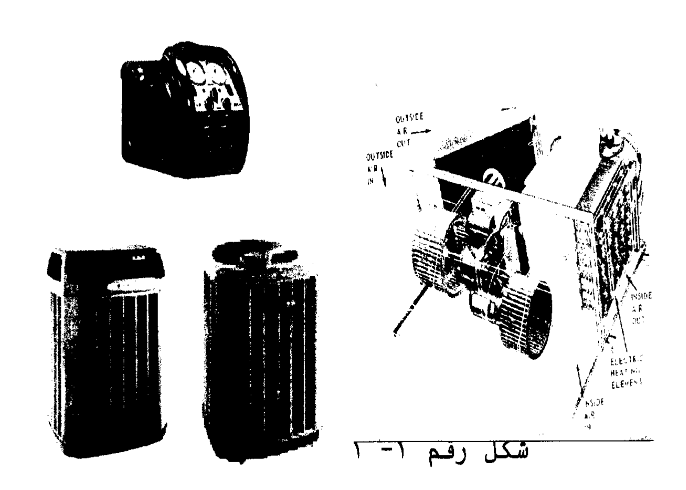
تتكون أجهزة التكييف بشكل عام من عدد من المكونات الأساسية التي لا يمكن أن يعمل الجهاز بدونها سواء كانت النوعية صغيرة أو كبيرة أو كوحدات مبسطة أو كنوع مركزي للتكييف ولهذا نجد أن الجهاز في جوهره يتكون من الضاغط **Compressor** بالرغم من أن الشكل العام والهيكل الخارجي قد يتباين إلي حد كبير حتي وإن كان لذات الطراز كما هو موضح في الشكل رقم ١-١ حيث نري المحرك الأساسي في عملية نقل الحرارة أي التبادل الحراري بالجهاز ولذلك نعتبر الضاغط كمحور رئيسي في التشغيل الميكانيكي .

جدير بالذكر بأن تكييف الهواء عبارة عن عملية مركبة من عدد من الموضوعات كما نري من الشكل رقم ١-١ لأنه يشمل تبريد وتسخين الهواء ويتضمن أيضا سحب هواء وترشيحه وتنقيته ويوجد أيضا وسائل لضبط درجة الحرارة المطلوبة وكذلك فصل الرطوبة إلي الحد المسموح به وأسلوب التوزيع الحراري داخل المكان المخصص له جهاز أو أجهزة التكييف تبعا للمكان فمثلا في مركبات النقل الثلاجة نحتاج إلي درجة حرارة التجميد وفي المركبات نجد التطبيقات عديدة وفي المنازل والمكاتب وغيرها تتقابل مع هذه النظم وكم تكون مهمة في المراكز التعليمية والمجمعات التعليمية وفي المسارح المدرسية وفي أبنية الاتحادات الطلابية وغير ذلك .

من أهم مزايا أجهزة التكييف نستطيع أن نحدد :

١- رخيصة الثمن
٢- سهولة ضبط درجة الحرارة المطلوبة
٣- بساطة أسلوب تغيير درجة الحرارة عند اللزوم دون تعقيدات
٤- بساطة التشغيل بجانب الصيانة الروتينية السهلة والتي لا تحتاج إلي تقنيات متخصصة
٥- عدم شغلها حيزا فراغيا عند التركيب أو بعد التركيب
٦- لا تحتاج إلي أعمال السباكة لأنها تعتمد علي العمل الكهربي المباشر

٧ - بساطة التفتيش والمراجعة الظاهرية
٨- سهولة التركيب



شكل رقم ١ - ١

١ -٢ : الأحمال الحرارية Thermal Loads

تعمل الأجهزة الخاصة بالتكييف ومعالجة درجة حرارة الهواء بناء علي التحميل الحراري بدلا من التحميل الكهربي وهي تتشابه تماما معه والفارق يأتي في تنويع الأحمال الحرارية ومقدارها ومدى تغيرها ونمط تتابعها من الحدود القصوى إلي الدنيا وفترات تواجدها بالمكان ولذلك فهي تعتمد علي درجة حرارة الهواء المحيط قبل إجراء عملية التكييف وما ينتج عنها من تراكم حراري داخل الأبنية في الصيف وهروب حراري في الشتاء وفي كل حالة نحتاج إلي ضبط درجة الحرارة في حدود تلائم الأفراد أو المعدات في أي من فصول السنة الأربعة وهو ما نسطرله الفقرات التالية من هذا البند .

أولا : المصادر الحرارية

تتنوع المصادر الحرارية بين مصدرين جوهريين هما :

١ - المصادر الخارجية

يتأثر تصميم أو اختيار أجهزة التكييف وقدرتها ومقنناتها بكل العوامل الحرارية التي تتداخل مع

المكان المناط له التبريد أو التكييف خصوصا وأن الحرارة تنتقل من المستوى المرتفع حراريا إلي المنخفض مثل التيار الكهربي وانتقاله من الجهد المرتفع إلي المنخفض ولذلك يجب التعامل مع :

النوع الأول : الحرارة المكتسبة Heat Gain

إنها الحرارة داخل الموقع تحت التكييف حيث الفارق بين الهواء الخارجي والهواء داخل المبنى عادة ما يكون حوالي ٢٠ ْ ف فتعطي منبع حراري يشمل ثلاث أنواع من كميات الحرارة فنري الانتقال الحراري من أول الأسس الواجبة في الاعتبار ولذلك يوجد:

١ـ جزء من الانتقال الحراري الذي يتم من خلال التوصيل الحراري Conduction من خلال الحوائط والنوافذ والأسقف والأرضيات

٢ـ جزء ينتقل من الخارج إلي الداخل بأسلوب الإشعاع الحراري Radiation سواء كان من الشمس كطاقة شمسية متجددة

٣ـ جزء لا ينتقل بل يتبقى بعد الانتقال الأول ولا ينتقل بسرعة من الداخل إلي الخارج بل يمكث وهو ما يعني الحرارة المتبقية Residual Heat

٤ـ جزء عن الفقد الحراري من الداخل إلي الخارج من خلال الثقوب والفتحات (فتحات عادية مثل النوافذ والأبواب) ومنها تهرب الكميات الحرارية الساخنة عالية الحرارة إلي الخارج وهو ما يعبر عن الفقد الحراري نتيجة التسرب الحراري وهو ما يحدث تكراريا مع كل حركة للأبواب أو النوافذ وعدد مرات الفتح والقفل والفارق الزمني بين الفتح والغلق ، ويمكن معالجة هذه الموضوعات بالطريقة الحرارية باستخدام العزل الحراري والمواد العازلة حراريا والألوان المناسبة لهذا الغرض .

النوع الثاني : المصادر الداخلية

تختلف هذه المصادر عن تلك السابقة حيث أنها تأخذ في الاعتبار الحرارة المتولدة عن الأعمال والحركة والمصادر الحرارية الناتجة داخل الأبنية وهي عديدة مثل :

١ـ الأشخاص المتواجدين ومعدل تواجدهم بالداخل ويقتن الحمل الحراري بشكل متوسط للفرد بمقدار ٦٠٠ و. ح. ب. / س ويزاد في المواقع الرياضية أو عالية المجهود البدني إلي ١٠٠٠ بدلا من ٦٠٠

٢ـ الأجهزة الكهربية والحرارية التي ينتج عنها طاقة حرارية

٣ـ عمليات التسخين سواء حمامات أو سخانات وأعمال الطهي

الإضاءة وهي التي تولد طاقة حرارية داخليا دون امرارها إلي الخارج وتقاس الحرارة المتولدة بالوحدات الحرارية البريطانية (و. ح. ب.)

ومجمل هذه الطاقات الحرارية يعطي قيمة ملموسة وتوضع في الاعتبار عند التصميم أو التركيب عموما بالإضافة إلي التأثير الناتج عن الرطوبة النسبية بالمكان

ثانيا : الحمل الحراري

تقتن مستويات الحرارة في الغرف لتشغيل الأجهزة الخاصة بالتكييف وهي مقتنة لدرجة حرارة الهواء الخارجي بمقدار ٩٥ ْ ف بحالة جافة و ٧٥ ْ ف لحالة الهواء المشبع بالرطوبة بحيث أن تكون درجة الحرارة داخل الغرفة مثلا بمقدار ٨٠ ْ ف بالحالة الجافة أو ٦٧ ْ ف للحالة الرطبة .

الجدول رقم ١-١ : مقننات سعة التبريد للغرف المختلفة بأوضاع متنوعة الاتجاه

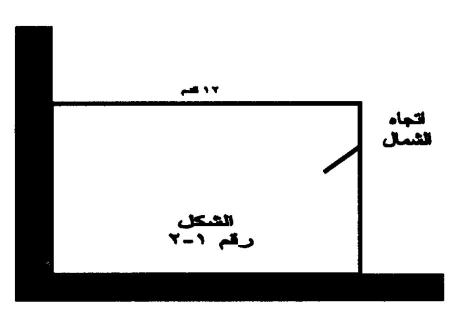
سقف معزول مستوي			حيز هرمي			حيز مشغول			سعة تبريد
غرب	جنوب	شمال أو شرق	غرب	جنوب	شمال أو شرق	غرب	جنوب	شمال أو شرق	و.ح.ب./س
٨٠	١٢٠	٢٥٠	٦٤	١٠٠	٢٠٠	١٠٠	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠٠
١٠٥	١٥٥	٢٩٥	٩٧	١٣٠	٢٣٠	١٢٥	٢٥٠	٤٩٠	٧٠٠٠
١٣٠	١٩٠	٣٤٠	١٣٠	١٦٠	٢٧٠	١٥٠	٣٠٠	٥٨٠	٨٠٠٠
٢٤٠	٣٤٠	٤٧٠	٢٠٠	٢٧٠	٣٤٠	٣٩٠	٤٤٠	٧٥٠	١٠٠٠٠
٢٧٥	٣٧٥	٥٥٠	٢٢٥	٣٢٠	٤١٠	٤٧٠	٥٨٠	٩٢٠	١٢٠٠٠
٣٠٠	٤٠٠	٦٠٠	٢٥٠	٣٥٠	٤٥٠	٥٥٠	٦٦٠	١٠٠٠	١٣٠٠٠
٥٤٠	٦٥٠	٧٥٠	٣٩٠	٤٨٠	٥٧٠	٧٩٠	٩٧٠	١٢٩٠	١٦٠٠٠

وتتوقف سعة التبريد علي الحمل الحراري وهي قيم مقننة كما هي مجدولة في الجدول رقم ١-١ حيث يميز السعة لكل من المساحات المسطحة من الأبنية مقدرة بالقدم المربع (شكل رقم ١-٢) تبعا لاتجاه الموقع مع اعتبار أن ارتفاع السقف في حدود ٨ أقدام وقد تحدد نوعية الحيز الفراغي أعلي الغرفة (مشغول – هرمي - سقف معزول مستوي).
بالاستعانة بهذا الجدول نستطيع تقدير السعة المطلوبة بصورة تقريبية لمعرفة الحدود التي تقع حولها الاختيارات لأجهزة مناسبة في هذا القدر ولكن يجب التصميم لهذه الأحوال بناء علي الأحمال الحرارية والتي وضع معامل التكييف المناسب ولذلك يلزم تواجد البيانات الأولية لحساب أحمال التبريد أو التكييف وهذه البيانات تتمثل في عدد من النقاط كما هي مجدولة بالجدول رقم ١-٢ .

الجدول رقم ١-٢: البيانات الأساسية المطلوبة لدقة حساب الأحمال الحرارية وبالتالي السعة الحرارية المطلوبة للجهاز

١٠- نوعية الأجهزة المستخدمة وقدراتها ١١- الاحتياطات الهندسية اللازمة كهربيا لتوصيل التيار من المنبع إلي الجهاز أو الأجهزة	٥- اتجاه الحوائط والنوافذ المعرضة للخارج ٦- نوع البناء والمواد الداخلة فيها ٧- المساحات الخارجية حول المبنى ٨- الأرضية علي (فضاء/بناء) ٩- متوسط عدد الأفراد الشاغلين للمكان	١- أبعاد الغرفة (طول–عرض–ارتفاع) ٢- مساحة الغرفة ٣- موقع النوافذ ٤- نوعية الطابق (أول - أخير أم متوسط)

بعد تحديد هذه البيانات تكتمل الصورة كي يتم حساب الحمل النهائي المطلوب للتصميم ومن ثم يتبع طريقان من خلال نوعين من الجداول ويتبع المناسب منها (أي أن عدد المقيمين عادي - منزلي - أو المكان تجاري و مكتبي)



ثالثا : طريقة الحسابات

بالرجوع إلي الجدول رقم ١-٣ نجد أنه محدد لكل نوعية محددة من البيانات الأساسية السابق ذكرها معاملا خاصا يعتمد علي درجة حرارة

الخارج مع تحديد مواصفات هذه البيانات لكل حالة حيث يتحدد اتجاه الغرفة والحائط إذا ما كان داخليا (غير معرض للخارج) أو خارجيا (أي معرض للخارج) ويستعمل عندئذ طول واحد للداخلي وأكثر من واحد عندما يكون هناك أكثر من حائط خارجي ، كما يجوز استعمال الحائط الداخلي لأقصر الحوائط غير المعرض للخارج بينما يستعمل الطول القصير عندما يكون أكثر من حائط معرض للخارج كما في الحالة الثانية من نتائج الجدول ، ومن ثم نستطيع اتباع الخطوات الأولية التالية لكل من الحالتين :

الحالة الأولي : الأحمال المنزلية العادية

إذا كان عدد الأشخاص المتواجدين بالغرفة هو أثنين فيتم حساب سعة الجهاز المطلوب علما بأن مساحة النافذة ١٢ قدم مربع فنتبع الخطوات التالية :

١- نستعمل أطوال الحوائط الموجودة مضروبة في معامل التصميم الموجود بالجدول ١-٣ لدرجة حرارة جافة ويدون ناتج حاصل الضرب في الخانة الخاصة بوحدات التبريد

٢- نستعمل أقصر الحوائط بالغرفة مضروبا في المعامل لطبيعة التصميم ويكون الناتج هو حمل التبريد ويدون بخانتها بالجدول رقم ١-٣

٣- لتحديد تأثير الحيز نحصل علي ناتج ضرب المساحة (طول × عرض) والمعامل تبعا لاختيار التصميم وبدون الناتج بالجدول ١-٣ أيضا

٤- حمل التحميل الحراري هو مجموع الأحمال الثلاثة والسابق تدوينها بالجدول رقم ١-٣ وهو المحدد لنوعية الجهاز المطلوب ومقننه الحراري .

الحالة الثانية : أحمال المكاتب والمحلات التجارية

يستعمل معها الجداول الثانية والخاصة بالأحمال التجارية ويتم بنفس الخطوات السابقة :

الجدول رقم ١-٣ : بيانات المكان وحساب سعة التكييف المطلوبة للكميات بالقدم الطولي أو المربع

وحدات تكييف	معامل ١٠٥ ف	معامل ١٠٠ ف	معامل ٩٥ ف	كمية	بند
٣٦٠٠	١٢٠ ١٨٠ ٢٣٠ ٢٨٠	٩٠ ١٤٠ ١٩٠ ٢٣٠	٦٠ ١٠٠ ١٥٠ ١٨٠	٢٠	حائط داخلي (غير معرض للخارج) طول غرفة حائط خارجي (معرض للخارج) أكثر من حائط خارجي
١٨٠٠	١٢٠ ١٨٠ ٢٣٠ ٢٨٠	٩٠ ١٤٠ ١٩٠ ٢٣٠	٦٠ ١٠٠ ١٥٠ ١٨٠	١٢	ما سبق لعرض الغرفة
٦٠٠	٣٠ ٣٥ ١٦ ٢٠	٢٥ ٣٠ ١٣ ١٦	٢٠ ٢٥ ١٠ ١٣	٢٤٠	مساحة سقف غير معزول بسقف معزول مشغول أعلي
١١٤٠٠				مجموع	

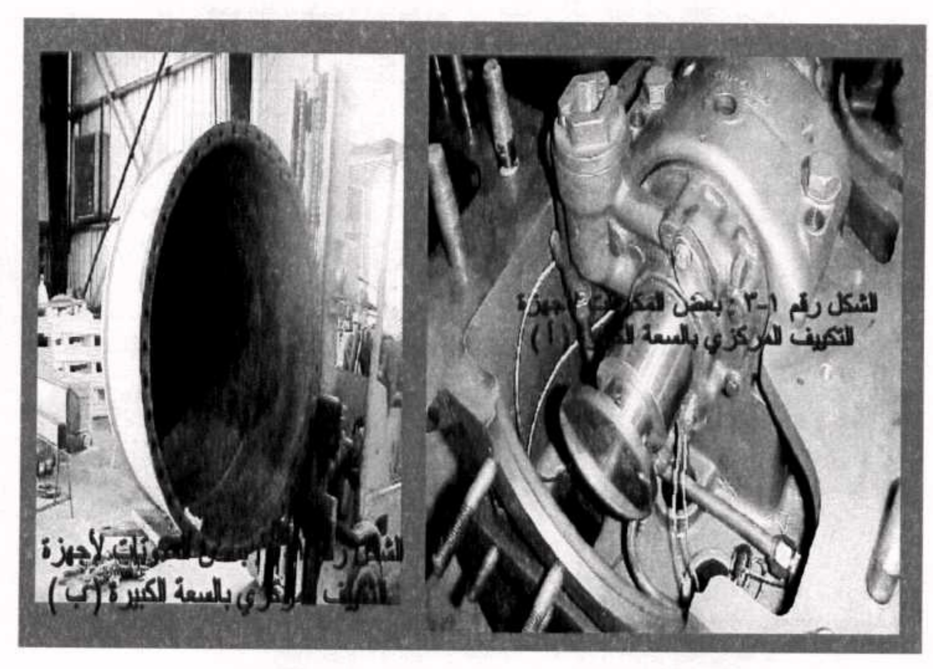
١- تحديد مساحة النوافذ المعرضة لأشعة الشمس تستعمل الجهة التي تحتاج إلي أكبر وحدات تكييف.

٢- يتم اختيار معامل التحميل علي أساس نوعية وشكل النوافذ (ستائر أو بغير ذلك) والمعامل المدون بالجدول يمثل النوافذ المجهزة بتندة ولكنه يتضاعف بالنسبة للنوافذ المعرضة للشمس مباشرة وغير مجهزة بستائر أو أغطية ويتم اختيار معامل واحد منهما للتصميم إذا وجد الوضعين حيث التحميل الحراري الأعلي .

٣- يتم حساب الحمل الحراري للنوافذ كحاصل ضرب كلا من مساحة النوافذ المعرضة للشمس ومعامل التحميل

٤- نستعمل المساحة الكلية لجميع النوافذ التي لم تؤخذ في الاعتبار في المعامل السابق وتعتبر مرحلة ثانية لها

٥- يتكرر السابق للحوائط علي مرحلتين أيضا



٦- يتكرر بالنسبة للمساحة الكلية كما حدث في الحالة الأولي المنزلية

٧- عدد الأشخاص يتغير عن المنزلي ويتحدد هواء نقي لكل شخص بمعدل ١٥ قدم/الدقيقة

٨- يتحدد مقدار القدرة الكهربية للمصادر الضوئية لحساب الحرارة الناتجة عنها

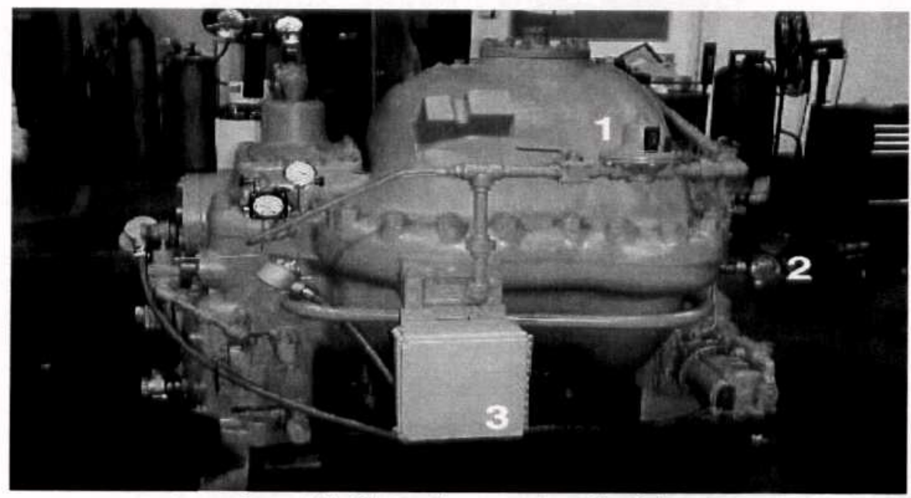
٩- يتم إخراج أي باب مفتوح عادة إلي خارج منطقة التكييف -

مجموع كل الأحمال السابقة يمثل الحمل الكامل المطلوب

١٠ - يتم اختيار الجهاز بناء علي السعة المحددة بالبند السابق



الشكل رقم ١ - ٤ : التوصيلات الكهربية من داخل المكونات الداخلية الداخلة في أجهزة التكييف.

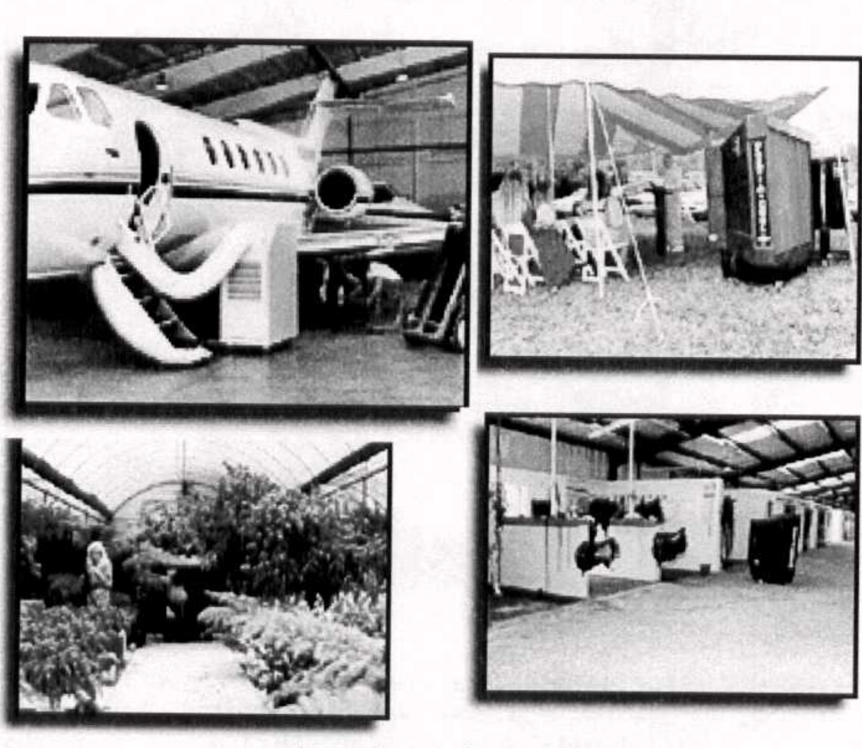


الشكل رقم ١ – ٥ : احد الاجهزة المركزية المستخدمة

جدير بالذكر أن السعة تتغير وبالتالي الحجم والوزن لأجزاء الجهاز بل والهيكل الخارجي يتغير أيضا ويوضح الشكل رقم ١ – ٣ منظرا عاما لبعض أجزاء هذه الأجهزة والتي يبين معها أن عملية الآنتقال الحراري ذات طابع هندسي ميكانيكي إلا أنه تظهر التركيبات الكهربية بشكل هام داخل هذه الأجهزة سواء من الداخل فعلا أو من التوصيلات الخارجية فنري في الشكل رقم ١ – ٤

منظرا لتواجد الملفات وتوصيلاتها داخل المكونات ذاتها وهو الوضع الذي يشير إلي أهمية العمل الكهربي داخل هذه الأجهزة ثم بالتالي في تشغيل النظم الخاصة بالتكييف بل وكل العمليات التي تتعلق بالانتقال الحراري .

ويجب إضافة أن نظم الانتقال الحراري من تبريد أو تكييف أو تهوية تتباين من الصغر البسيط مثل تلك الأجهزة المبينة في الشكل ١ -١ ألي الحجم الكبير المركزي كأجزاء كما في الشكلين ١ – ٣ ويظهر لنا هذا الحجم الكبير للجهاز المركزي المستخدم في المواقع الصناعية والتجارية وهو ما قد نحتاج إليه في المجمعات التعليمية الحديثة وهو الهدف الاستراتيجي الحالي لوزارة التربية والتعليم كمحور للتقدم التكنولوجي والعلمي (أنظر الشكل ١ – ٥) . من الضروري النظر إلي الجزء الكهربي في أعمال التبريد والتكييف والتهوية كمحور رئيسي وهام خصوصا وأنه يتواجد في أعمال أنشاء وتشغيل وصيانة الأبنية التعليمية من نظم الفصل الواحد إلي المدارس النمطية إلي تلك ذات النمط التجريبي وحتى المجمعات الضخمة والتي تصل إلي حد المدن التعليمية ، ولن يتوقف الأمر عند هذا الحد بل من أجل رفع المستوي الهندسي ابتكاريا وتنفيذيا للمهندس وذلك لمواكبة هذه النظم سواء كانت في أبنية أو في مركبات وطائرات أو في الهواء الطلق مع الرحلات السياحية أو حتي مع الزراعة مثل ما هو الحال في الصوبات الزراعية سواء كانت في المدارس الزراعية أم غيرها (الشكل رقم ١ – ٦) .



شكل رقم ١- ٦

الفصل الثاني

الدوائر الكهربية في هندسة التبريد والتكييف Electric Circuits

تشمل الهندسة الحرارية بوجه عام علي عدة تخصصات متشابكة ومتداخلة في شأن هندسة التكييف والمجالات المتقاربة نحاول تبسيطها في السطور القليلة التالية وهو ما يعتمد أساسا علي الانتقال الحراري من وسط إلي آخر ويدخل في هذا الإطار مجالي التبريد والتكييف .

المجال الأول : التبريد Freezing & Cooling

يحتوى التبريد بكافة مستوياته بدءا من الثلاجة المنزلية الصغيرة إلي تلك الثلاجة التجارية وصولا إلي المبردات المجمدة الضخمة لتخزين اللحوم وغيرها مرورا بتلك المستخدمة في المدارس الداخلية والمجمعات التعليمية الحديثة ، ويتضمن التبريد كمنظومة عددا متباينا من التقنيات وله من الأدوات الكثير مثل الأنابيب والمكثفات والوسائط اللازمة لنقل الحرارة بجانب الضواغط الهامة وغيرها من ملحقات ضرورية مثل الثرموستات للقياس الحراري والتحكم في درجات الحرارة ومقياس الضغط للتأكد من سلامة أداء المنظومة ودورة الضغط والمبخرات والمكثفات والمرشحات والمجففات وهو كله ما يخص الأجزاء الميكانيكية (الحرارية) من المنظومة .

من الجهة الأخرى يأتي الجزء الكهربي متضمنا وسائل وأسس التحكم الآلي في التشغيل والضبط لهذه النظم وهو ما يعتمد علي عددا من الخصائص الكهروميكانيكية والكهرومغناطيسية سواء كانت الدوائر الكهربية أو مكوناتها المنفردة ، ولا يتوقف الوضع عند هذا الحد بل يمتد إلي تواجد المحركات الكهربية التي تقوم بانتاج الحركة الميكانيكية للضاغط أو الطلمبات أو المراوح أو لتشغيل التوربينات الهوائية لتحريك الهواء .

تختلف الدوائر الكهربية من ثلاجات عادية للمأكولات الطازجة إلي تلك الخاصة بالتجميد ، كما تتغير الدائرة الكهربية بتغير الوضع الخاص بدولاب التجميد من علوي إلي أسفل أو جانب الثلاجة الخاصة بالمأكولات الطازجة العادية وتعتمد أيضا علي الإذابة الآلية لتكون الثلج . وتمتد هذه النوعيات إلي الأحجام التجارية الضخمة والتي توازي المباني والأبراج الضخمة سواء كانت بالمناطق الجمركية أو المواقع الصناعية أم للأغراض التجارية مرورا بتلك الخاصة بالمحلات بأحجامها المتباينة .

المجال الثاني : التكييف Conditioning

يشمل التكييف نفس المحاور السابق ذكرها بالنسبة لمجال التبريد كما أنه يعتمد علي الدوائر الكهربية بتركيز أكبر إذ ترتفع نسبة تواجد الدوائر الكهربية داخل النظم الحرارية المستخدمة فيها عن تلك الخاصة بالتبريد ، ولما كانا كلا النوعان مستخدمان في الأبنية التعليمية والمنشآت التعليمية بشكل عام وعلي كافة المستويات أصبح من الضروري وبشكل ملح وضع هذا التخصص أمام مهندسي الكهرباء بالهيئة رفعا لمستوى المهندس وكفاءة أدائه ومن ثم كان هذا الكتيب الصغير لتبسيط المعنى الهندسي فيما يخص الدوائر الكهربية في المجالين معا .

٢ ــ ١ : مكونات الدوائر الكهربية

تواجه الدوائر الكهربية كلا من التشغيل الصحيح لدورات التبريد أو التكييف وما يدخل تحت هذا المجال من اتباع الكود الكهربي السليم لأنه لا بد وأن تضمن الدوائر الكهربية حماية الأفراد

ووقاية المعدات والأجهزة المستخدمة ضد أي أخطار قد تنشأ فيجب التطابق مع المواصفات القياسية في هذا الشأن ومن أهمها :

١ - أن تكون الأسلاك من المستوى رقم ٢ (Class 2) لدوائر التحكم والمتممات الخاصة بها والأجراس ووسائل البيان والإشارة ودوائر الإتصالات .

٢ - مصدر الجهد من خلال محولات صغيرة مزدوجة الملفات بقدرة تقرب من ١٠٠ ف . أ . بمعني أن يكون التيار حتى ٥ أ لجهد ١٥ ف. أو بقيم تصل إلي ٣ أ . إذا ارتفع الجهد حتى ٣٠ ف. أو ١,٥ أ . لجهد من ٣٠ إلي ٦٠ ف. أما بالنسبة لما يزيد عن ٦٠ ف بالا يزيد التيار عن ١ أ

٣ - دوائر الوقاية وتشمل ٤ أنواع من الأجهزة أساسا مثل :

النوع الأول : المصهر Fuse

المصهر ومقنناته هي : ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ٢٠ أو ٣٠ أ ويعطي الجدول رقم ٢ - ١ بيانا بالمقننات للمصهر تبعا لقدرة المحرك تبعا للمواصفات القياسية كما يلزم أن يكون المصهر مناسبا لمقنن دائرة المحرك عموما ويجب أن يغطي النوع المتأخر من الوقاية فترة تيار البدء حتى لا يفصل المحرك مع كل بدء ، ومن الأنواع المستخدمة للمصهر في هذا النطاق يوجد :

الجدول رقم ٢ – ١ : مقننات التيار الأقصى للمصهر مع المحركات

١٢٠ ف	٢٤٠ ف	١٢٠ ف	٢٤٠ ف	قدرة (حصان)
٤,٤	٢,٢			٦/١
٥,٨	٢,٩	٢,٩	١,٥	٤/١
٧,٢	٣,٦	٣,٦	١,٨	٣/١
٩,٨	٤,٩	٥,٢	٢,٦	٢/١
١٣,٨	٦,٩	٧,٤	٣,٧	٤/٣
١٦	٨	٩,٤	٤,٧	١
٢٠	١٠	١٣,٢	٦,٦	١,٥

أ) مصهر سريع الفصل Fast Acting Fuse وهو سريع بعد فترة بدء الحركة كي يتيح الفرصة لتيار البدء من العمل

ب) مصهر متأخر الفصل Time delay Fuse وهو مناسب مع الحمل المتجاوز وعادة ما يكون التأخير ١٠ ثوان ولكنه معيب مع التيارات الكبيرة حيث يتأخر أيضا مما يضر بعزل الملفات ويتسبب في قصر عمر المحرك .

ج) مصهر متعدد الأغراض Multipurpose Fuse وهو ما يشمل النوعين السابقين معا .

د) مصهر محدد للتيار Current Limiting Fuse وهو ما يقلل من قيمة تيار القصر كي لا يصل إلي أعلي من القيمة المقننة

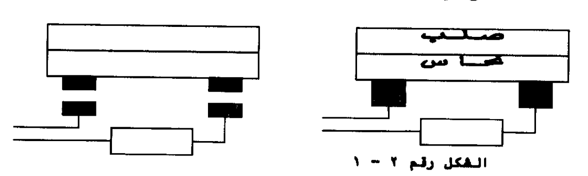
النوع الثاني : القاطع الكهربي Circuit Breaker

نظرا لأن الاختيار المناسب للمصهر قد يتسبب في مشكلات مختلفة مما يتيح المجال أمام القاطع الكهربي كميزة هامة تفوق المصهر وهو ما يمكنه ضبط مقننات الفصل تبعا للظروف وتيارات القصر عند كل تغيير في توصيلات الشبكة المحلية . وتتميز أيضا تلك المفاتيح بامكانية إعادة الوضع بعد الفصل التلقائي بدلا من تغيرها كما هو الحال بالنسبة للمصهر والذي يحتاج إلي عناية فائقة عند اختياره خصوصا ما إذا كان الفصل تكراري .

النوع الثالث : المفاتيح الحرارية

١ - المفاتيح الحرارية المزدوجة **Bimetal Switches**

وهي تتأثر بزيادة الحمل وتحويله إلي ارتفاع حراري وهو من الأجهزة الأكثر استعمالا ويوضع في الأماكن الحساسة والهامة بأجهزة التكييف والتبريد وهو يعمل مع تيارات القصر التي تنتج حرارة ولكنه غير حساس بالنسبة للإرتفاع الحراري الناتج عن أية أسباب أخرى مما يضر بالمحرك لأنه لا يفصله عن الجهد في هذه الحالات والشكل رقم ٢ - ١ يوضح هذا المزدوج الحراري في حالتي السخونة والبرودة مبينا الفارق مع ظهور تجاوز الحمل المصحوب دائما بزيادة حرارية وارتفاع في درجة الحرارة .



الشكل رقم ٢ - ١

٢ - الثرمومتر الإلكتروني **Electronic Thermometer**

أنه الثرمومتر المتنوع في نطاقين:

أ) الأول يعمل مع معامل حراري موجب (PTC) فمع زيادة الحرارة تزيد المقاومة الموصلة علي التوالي مع ملفات المحرك فتفصل المحرك وتمنع بذلك الضرر الناشئ عن الارتفاع الحراري أثناء التشغيل وعندما تهبط درجة الحرار ة يقوم بالتوصيل التلقائي لأطراف الثرمومتر كهربيا فيمر التيار مرة أخرى .

ب) الثاني يعمل مع الثرمومتر سالب المعامل (NTC) وهو عبارة عن ثرمومتر يوضع داخل كبسولة داخل المحرك ويعمل مع ارتفاع الحرارة فتقل المقاومة الخاصة بالثرمومتر فيزيد التيار في الثرمومتر فيفصل الدائرة مباشرة .

النوع الرابع : تجاوز الحمل الداخلي **Internal Overload** والتجاوز الحراري **Overheating**

يستخدم هذا النوع مع المحركات محكمة الغلق وكذلك الوحدات الكبيرة ذات القطبين وهو نوع من أنواع المزدوج الحراري لأن الارتفاع الحراري قد ينشأ عن ضعف في دورة التبريد أو الاحتكاك الميكانيكي أو مع البدء السريع بعد كل فصل أو عن الفرملة الميكانيكية وعادة تعمل مع ٥٢ °م وتفصل الدائرة تماما عند الحدود ٩٣ – ١٢١ °م ويتوقف المحرك عن العمل تماما ويعود إلي التوصيل مرة أخرى إذا ما هبطت الحرارة إلي حدود ٦٦ – ٧٩ °م . بالنسبة لتجاوز الحمل الداخلي كنوع من القرص المعدني المزدوج حيث يوضع داخل الضاغط المحكم الغلق تماما أو داخليا في الملفات ويعمل في حالات زيادة التيار أو زيادة درجة الحرارة أو فقد التبريد أو أي عيوب تؤثر في درجة الحرارة أو هبوط ضغط العادم في دورة التبريد أو التكييف عموما .

٥ - الدوائر الإلكترونية وتتراوح مقنناتها بين ٢ ملي أ . وحتى ٢ أ .

٦ - قواطع التيار العاملة بالملف المغناطيسي **Magnetic Solenoid** مع التجاوز الحراري **Overload** أو بالمزدوج الحراري **Bimetal** أو الثرموستات .

أما علي الجانب الآخر تظهر المحركات كأحد الأجزاء الرئيسية في الدوائر الكهربية في هذين المجالين وتتنوع هذه المحركات إلي :

النوع الأول : النوعيات الأساسية Basic Types

هنا تظهر إما محركات وحيدة الطور وهي واسعة الانتشار أو ثنائية الطور أو ثلاثية الطور كما يظهر أحيانا محركات متعددة الطور .

النوع الثاني : الأنواع المفتوحة Open Types

وتشمل عددا من المحركات مثل :

١ - محرك نافر بدء Repulsion – تأثيري تشغيل Induction Run
٢ - محرك مكثف بدء Capacitor – تأثيري تشغيل
٣ - محرك مكثف بدء – مكثف تشغيل
٤ - محرك مكثف شقي ثابت Permanent Split
٥ - محرك تأثيري متعدد الطور

النوع الثالث : المحركات محكمة الغلق Hermetic

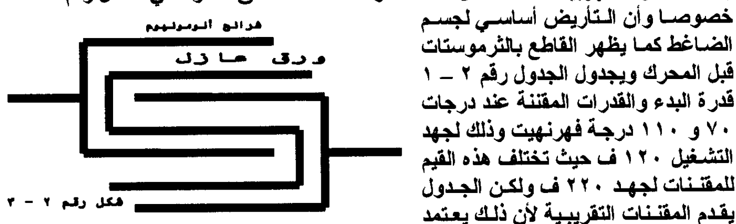
يأتي هنا عددا من الأنواع المستخدمة هي :

١ - محرك مكثف بدء – تأثيري تشغيل (CSIR)
٢ - محرك مكثف بدء – مكثف تشغيل (PSCR)
٣ - محرك مكثف تشغيل
٤ - محرك مكثف شقي ثابت Permanent Split Capacitance (PSC)
٥ - محرك تأثيري متعدد أو ثنائي الطور

وبصورة شاملة هناك بعض المشكلات الفنية الواجب العمل علي التخلص منها في هذه النوعية من المحركات ومنها :

١ - غلق الحيز حول المحرك يسبب ارتفاع درجة الحرارة ومن ثم نحتاج إلي تبريد خاص ومركز للمحرك داخل هذا الحيز
٢ - يجب أن تتبع التوصيلات الكهربية للمواصفات ودرجة الخطورة المقننة وهي أن تكون التوصيلات كلها مقاومة للزيت والمواد الكيميائية داخل هذا الحيز
٣ - جودة التوصيلات حتى لا نحتاج إلي الفتح للتربيط أو غيره .

وتأخذ الدائرة الكهربية المقننة لمثل هذه المحركات محكمة الغلق ما نراه في الشكل رقم ٢ ـ ٢ ، خصوصا وأن التأريض أساسي لجسم الضاغط كما يظهر القاطع بالثرموستات قبل المحرك ويجدول الجدول رقم ٢ ـ ١ قدرة البدء والقدرات المقننة عند درجات ٧٠ و ١١٠ درجة فهرنهيت وذلك لجهد التشغيل ١٢٠ ف حيث تختلف هذه القيم للمقننات لجهد ٢٢٠ ف ولكن الجدول يقدم المقننات التقريبية لأن ذلك يعتمد علي الشركات الصانعة وموقع التشغيل وغيره من المعاملات الأخرى .



شكل رقم ٢ - ٣

النوع الرابع : محركات المكثف والمبخر والمروحة
منها الأنواع النمطية التالية:
١ - المكثف
٢ - القطب المظلل Shaded Pole
٣ - محرك مكثف شقي ثابت Permanent Split

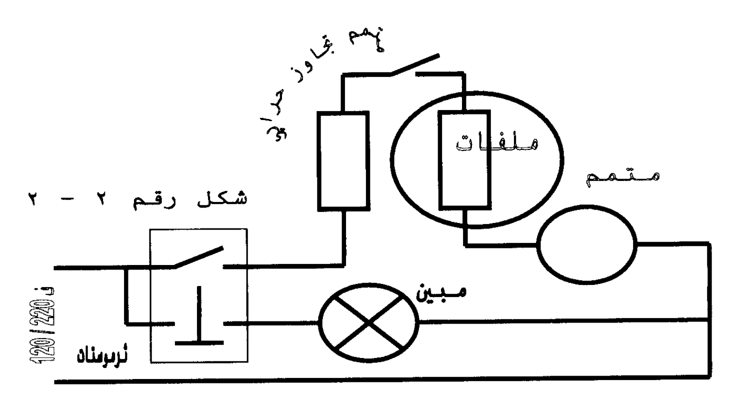
أما بالنسبة للمحركات الخارجية فيتواجد ثلاث أنواع مثل :

١ - محرك بادئ نافر Repulsion - تأثيري العمل
٢ - مكثف بدء تأثيري عمل
٣ - محرك ثلاثي الطور

الجدول رقم ٢-٢ : مقننات قدرة البدء والتشغيل للمحركات محكمة الغلق

قدرة البدء (و)	١١٠ ف	٧٠ ف	قدرة (حصان)
٣٧٥	١٠٠	٦٦	١٦/١
٧٤٠	١٦٠	١١٧	٩/١
٧٤٣	١٦٣	١٠٨	٨/١
٩٧٠	٢١٨	١٦٠	٧/١
١٤٥٠	٢٩٥	٢٤٢	٥/١
١٢٥٠	٣٢٠	٢٣٥	٤/١

ويظهر في الشكل رقم ٢ -٣ المكثف المستخدم في هذه الدوائر وهو مزدوج الطبقات حيث تتكون الطبقة الخارجية من صفائح الألومونيوم يدخل بينها العزل الورقي .
تتميز هذه المحركات من النوع التأثيري بأن السرعة الثابتة للتشغيل تقل قليلا عن السرعة التزامنية وتعتمد هذه السرعة علي عدد الأقطاب والذبذبة وتحسب من السرعة المتزامنة المعتمدة علي المجال المغناطيسي المتولد من ملفات العضو الثابت (حيث يسبق المجال بقطب لكل نصف دورة من ذبذبة التيار ويوضح ذلك الجدول رقم ٢- ٣ خصوصا وأن الحمل الميكانيكي علي المحرك يتسبب في خفض سرعته ، اما بالنسبة للمحركات محكمة الغلق وبها أقطاب تتراوح بين ٢ و ٤ قطب للمجال (أحيانا غير شائعة تصل الأقطاب إلي ٦ أو ٨) وبسرعة دوران مقننة ١٨٠٠ / ٣٦٠٠ لفة في الدقيقة حيث يتم توصيل الملفات علي التوالي للعمل علي السرعة المنخفضة (٢ قطب) و يعتمد علي ٤ قطب للسرعات العالية كما توجد لبعض المحركات ملفات مجال ويتم توصيلها علي التوالي أو التوازي مع ملفات المحرك الرئيسية لتسمح بجهد التشغيل (١١٠ / ٢٢٠ ف) فالجهد القليل يمثل توصيل الملفات توازي بينما ٢٢٠ ف تأتي للتوصيل علي التوالي .



شكل رقم ٢ - ٢

الجدول رقم ٢-٣ : مقننات السرعة التشغيلية والتزامنية للمحركات المستخدمة في مجالي التبريد والتكييف

٦٠ هيرتز	٥٠ هيرتز	٢٥ هيرتز	عدد الأقطاب
تزامنية / تشغيل	تزامنية / تشغيل	تزامنية / تشغيل	السرعة (لفة / ق)
٣٤٥٠ / ٣٦٠٠	٢٨٥٠ / ٣٠٠٠	١٤٥٠ / ١٥٠٠	٢ قطب
١٧٥٠ / ١٨٠٠	١٤٥٠ / ١٥٠٠	٧٠٠ / ٧٥٠	٤ أقطاب

ثانيا : المواصفات التخصصية

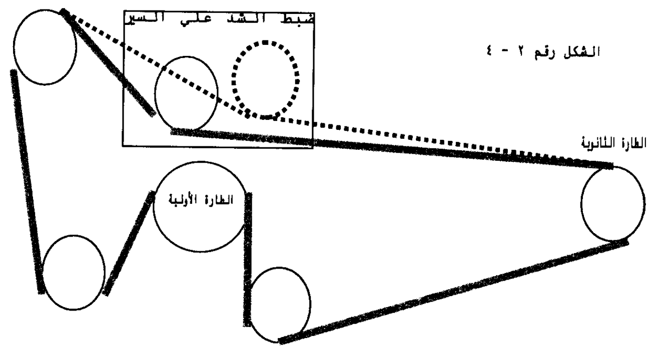
تشمل هذه الصفة بعض المقننات لعدد من المعاملات الجوهرية ومن أهمها يأتي تيار البدء Starting Current وهو نجده في لحظة توصيل التيار للمحرك حيث لا يظهر جهد متولد داخلي أو قد يظهر بقيمة قليلة جدا وغير محسوسة ومن ثم نحتاج إلي دائرة بدء تحول هذه القيمة القليلة إلي قيمة عالية تساعد علي بدء حركة المحرك ولهذا نعمل علي استخدام مقاومة ما بالداخل نغيرها مع بدء التشغيل بصورة مفاجئة تساعد علي تولد تيار عالي (٢ – ٦ التيار المقنن) ولكن لفترة قصيرة وهو ما يسمى تيار القصر للعضو الدوار (Locked Rotor Amperage) وبالتالي يهبط الجهد في فترة البدء ومع تكرار هذه العملية ترتفع درجة حرارة ملفات المحرك والتي تزيد فيها القدرة عن نصف حصان . من هنا يلزم اختيار المصهر كي يتحمل ظروف بدء حركة المحرك بتياره المرتفع كما يجب ضبط أجهزة الوقاية كي تعمل علي الفصل التلقائي ولكن بعد فترة زمنية محددة تسمح باختفاء ظروف ارتفاع التيار مع بدء الحركة ولذلك يستعان بالشريط الحراري Heating Strip أو المفتاح الحراري المزدوج Bimetal Switch .

ولما كانت هذه النوعيات من المحركات هي الأكثر استخداما فنتناول مبدأ الصيانة والتركيب سواء للمحركات المفتوحة أو تلك محكمة الغلق أو محركات المراوح علي أساس تحديد المواصفات الأولية للمحرك وتتضمن: (نوع المحرك – جهد التشغيل – أقصى تيار مقنن كما في الجدول رقم ٢- ٤ والمبين لتيار القصرعلي العضو الدوار– إتجاه دوران المحرك – سرعة الدوران– الدوائر الكهربية).

الجدول رقم ٢ - ٤ : تيارمقنن وتيار قصر العضو الدوار للمحركات وحيدة الطور بالأمبير

قصر ١٢٠ ف	مقنن ١٢٠ ف	قصر ٢٤٠ ف	مقنن ٢٤٠ ف	القدرة (حصان)
٢٦,٤	٤,٤	١٣,٢	٢,٢	٦/١
٣٤,٨	٥,٨	١٧,٤	٢,٩	٤/١
٤٣,٢	٧,٢	٢١,٦	٣,٦	٣/١
٥٨,٨	٩,٨	٢٩,٤	٤,٩	٢/١
٨٢,٨	١٣,٨	٤١,٤	٦,٩	٤/٣
٩٦	١٦	٤٨	٨	١
١٢٠	٢٠	٦٠	١٠	١,٥
١٤٤	٢٤	٧٢	١٢	٢
٢٠٤	٣٤	١٠٢	١٧	٣

أما الصيانة الميكانيكية فتشمل عامود الحركة وتشحيم الكراسي ورولمان البلي وكذلك صيانة السيور الناقلة للحركة من مولد الحركة إلي الطارة الثانوية (الشكل رقم ٢ – ٤) ، ومن هذه السيور أنواع هي :



الشكل رقم ٢ - ٤

١ - الطارة العادية **Normal**
٢- الطارة حرف يو **U Pulley** ومنه نوعان بعرضين مختلفين
٣- الطارة متعددة المجاري **multi groove Pulley**
٤- الطارة متغيرة الخطوة الحركية **Special Variable Pitch Pulley**

علي وجه العموم نستطيع تقسيم المشكلات الصيانية إلي نوعين مسستقلين هما الصيانة الكهربية (وتشمل الدائرة المفتوحة أو القصر بين الملفات أو مع الأرض أو مع ملفات المجال ، كما يفضل في مثل هذه العيوب مع الملفات أن يتم تغيير المحرك - وهناك عيب الزيادة الحرارية مع البدء مما يتلف معه المكثف حيث يقلل ذلك من كفاءة عزله ولذلك يجب تغيير هذا المكثف – وهناك الصيانة الدورية التي تعني النظافة المستمرة للملفات والقلب الداخلي للمحركات المفتوحة ومسح الشحوم الزائدة جيداً لأن ذلك يطيل من عمر المحرك والتأكد من التربيط الجيد للأطراف) والصيانة الميكانيكية كمحور ثان .

العيوب العامة للزيادة الحرارية تأتي من الكراسي الحاملة لعامود الإدارة وهو ما يعني أنه نتج عن أحد الأسباب التالية :

١- أن زيت التشحيم المستخدم قد يكون من النوع الثقيل عن المطلوب
٢- ان الزيت خفيف الكثافة عن المقنن ولذلك يجب إختيار نوعية الزيت اللازم للتشحيم كي يكون مناسبا
٣- شوائب بالزيت
٤- قوة شد السير كبيرة الطارة تتحرك عكس حركة السير
٥- تركيب المحرك غير مستقر مما ينعكس علي توزيع القوى الناشئة مع الحركة ويرفع من قيمة الضغط علي رولمان البلي .

ومن العيوب الشائعة لمحركات المراوح :

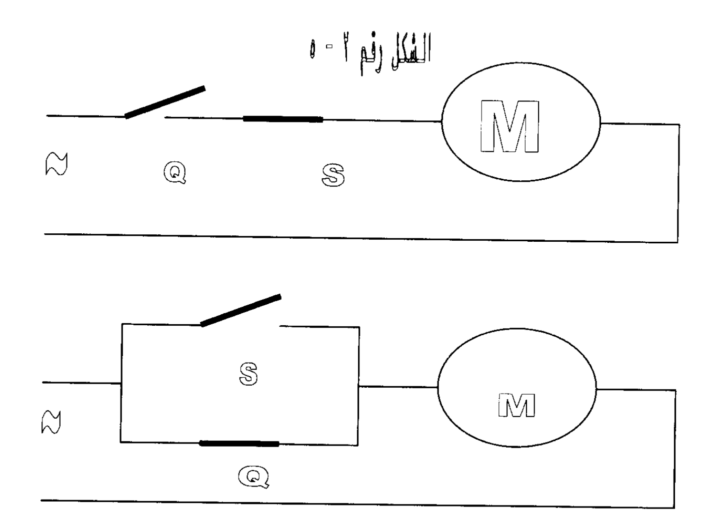
١- فصل ملامسات كهربية
٢- جفاف الكراسي
٣- احتراق ملفات المحرك
٤- عطل المروحة
٥- عدم اتزان المروحة
٦- تلامس ريش المروحة مع الإطار الخارجي

وتستخدم محركات المراوح مع الوحدات محكمة الغلق من أجل :

١- دفع هواء التبريد بين الفتحات ومكونات وحدات التبريد أو التكييف
٢- إدارة وتقليب الهواء داخل الوحدات سواء المنزلية أو التجارية ويجمع عادة المكثف الحراري مع المروحة في صندوق واحد لرفع كفاءة التبريد فيه ويجب أن تكون المروحة مستقرة ومتزنة وتدور بلا ضوضاء ويتم تركيبها عادة علي عامود الإدارة للمحرك ولكن أحيانا تستخدم الجلبة أو الكراسي أو رولمان البلي وتتنوع الدوائر الكهربية تبعا للسرعات المتاحة فمن سرعة واحدة من النوع التأثيري وحيد الطور إلي المحركات بسرعتين بممانعة أو مكثف ثم ثلاثية السرعة من النوع التأثيري

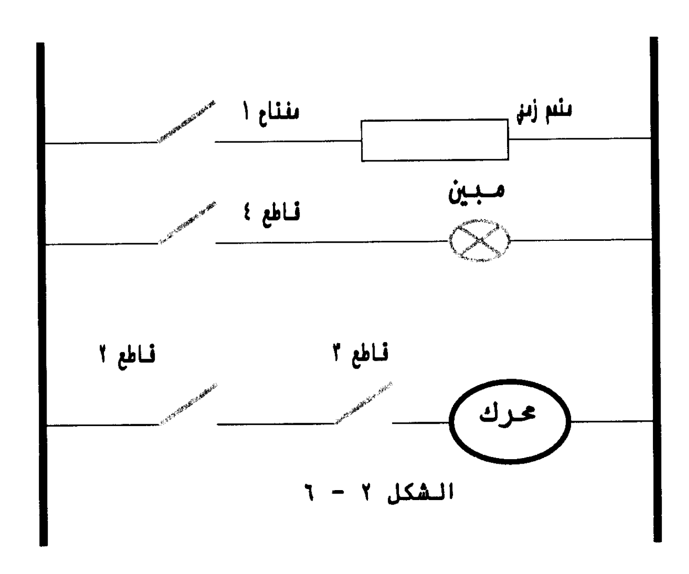
٢ – ٢ : دوائر التحكم الآلي

تنقسم الدوائر الكهربية إلي قسمين حيث الدائرة الأولى تمثل الدائرة الكهربية لتوصيل الجهد إلي أطراف المحرك ووقايته أما القسم الآخر فهو المعني بدوائر التحكم الأوتوماتيكي وتعطي الدائرة الكهربية إما التوصيل المتتالي للمفاتيح الآلية أو أن توصل علي التوازي حيث يفتح القاطع ويوصل فيعمل المحرك (الشكل رقم ٢- ٥) .



الشكل رقم ٢ - ٥

تتصف الدائرة النمطية بمكونات التحكم في درجة الحرارة وتشمل أيضا مروحة المبخر أو المجمد ومحرك الضاغط ومتمم البدء ولوحة التوزيع ومكون الثلج ومحبس المياه وسخان إذابة الثلج وسخان الصرف وثرموستات إذابة الثلج ومكثف البدء ويضاف في بعض الحالات محرك مروحة المكثف ومروحة المبخر أو المكثف ومسخنات والتحكم في الرطوبة . عند التعامل مع دوائر التحكم يستخدم اسلوب الدوائر الروسي وهو المعروف باسم الدوائر السلمية (Ladder Diagram) حيث توضع مصادر التيار علي جانبي الرسم (باللون الأحمر علي الرسم) وترسم الفروع (Branches) بينهما ليظهر خصائصه وطريقة عمله وهو ما يبسط الدوائر ويجعل أعمال الصيانة سهلا ويزيد من فهم الدوائر بشكل أسرع وهو ما نراه مثالا في الشكل رقم ٢ – ٦.
أما بالنسبة للمحركات محكمة الغلق فالعيوب الخارجية هي الممكن صيانتها سواء في التوصيلات الكهربية أو دوائر التحكم والوقاية بينما العيوب الداخلية تحتاج إلي التغيير الكامل .



الشكل ٢ - ٦

أولا : الاختبارات الكهربية

تعتبر الاختبارات الكهربية من أهم المبادئ الصيانية للتأكد من صلاحية الدوائر الكهربية للعمل والتشغيل وتشمل في أبسط الصور علي : قياس القدرة – قياس التيار مع فرملة العضو الدوار – تحميل البدء – الحمل المتجاوز ١,١ من الحمل المقنن - قياس العزل – قياس السرعة - قياس مقاومة الملفات ، وهي ما تتبع المقننات الواردة في الجدول رقم ٢-٥ كما تستخدم بعض الأجهزة الخاصة بهذه القياسات كما نراها في الشكل ٢ – ٧ .

الجدول رقم ٢-٥ : مقننات مقاومة الملفات للمحركات ١٢٠ ف (الأوم)

مقاومة ملف البدء	مقاومة ملفات التشغيل	القدرة (حصان)
١٨	٤,٧	٨/١
١٧	٢,٧	٦/١
١٤	٢,٣	٥/١
١٧	١,٧	٤/١

من المظاهر الهامة تلك التداخلات بين الدوائر الكهربية مع دوائر الراديو والتليفزيون حيث يظهر تداخلا بسيطا مع بعض المبردات وعادة ما يظهر ذلك مع بدء حركة المحرك أو عند توقفه عن العمل آليا وذلك ينتج عن ظهور الموجات التوافقية في الفترتين ويمكننا التغلب علي ذلك أو تقليل تأثيره من خلال التوصيل الجيد لجسم المحرك والضاغط بالأرض حتى يكون التأريض سليماأو يمكن تركيب مكثف بين جسم المحرك والأرض وفي جميع الأحوال يمكن إهمال هذا التداخل البسيط .

التداخل المستمر وهو ما يعني وجود توصيلات معيبة غير جيدة التربيط أو أنه يوجد عيب في نظام المحرك بما في ذلك تأثير الجلبة أو رولمان البلي والفرشاة الكربونية والمجمع أو تربيط جسم المحرك غير جيد كما أنه تتجمع الشحنات الساكنة وتتراكم علي السير فيتم التفريغ عند تلامسها مع الطارة فتحدث التداخل وعموما فإن عملية التأريض السليم تمنع ظهور هذا التداخل .

ثانيا : نظم التحكم

من الضروري ضمان التشغيل الآمن والمستقر للدوائر الكهربية تحت كل الظروف العادية والطارئة بل وفي فترات القصر الكهربي سواء كان بالنسبة للمعدات والأجهزة أو الأفراد خصوصا وأن هذه الأجهزة يتداولها ويتعامل معها الأشخاص العاديون وغير المتخصصين مما يلقي بالعبء علي المصمم لهذه الدوائر أن يعطي الأمان التام لها ، وهناك عددا من مستويات النظم المتبعة للتحكم في هذا الميدان وهي :

المستوى الأول : المساحة تحت التكييف

هي تلك المساحة التي تتطلب درجة حرارة محددة أو مدى معين لتغير درجة الحرارة وكذلك متعلقات هذه الحرارة مثل الضبط للضغط الجوي داخل المساحة تحت التكييف بجانب نسبة الرطوبة في الهواء .

المستوى الثاني : أجهزة التشغيل

وهو مايمثل تلك الأدوات التي تعمل بصورة مباشرة داخل المنظومة وهي عادة متكاملة معا وتعرف باسم الدورة المتكاملة للتشغيل أو الميكانيزم حيث يتطلب ضبط التشغيل من خلال المحابس أو أدوات الإخماد أو المراوح أو الضواغط .

المستوى الثالث : أجهزة التحكم

تتمثل أجهزة التحكم التي تستشعر أي تغير في معاملات ضبط الكميات المختلفة تحت التحكم وهو ما يتم كشفه بالكشافات والترمومتر والتحكم في المحركات والضغط والرطوبة وتوزيع الهواء وحركته داخل المساحة أو داخل المبخر والمكثف حسب الأحوال .
يعتمد التحكم علي الدائرة المغلقة (Closed Loop) أو (Feedback) وهي تلك الدائرة التي تحتوى علي إمكانية التحكم لضبط معامل ما وبصفة تلقائية ومستمرة حيث في حالات التكييف يتم التحكم في درجة الحرارة من خلال الترموستات بينما الضاغط يعبر عن جهاز التشغيل وليس التحكم .

ثالثا : أنواع أجهزة التحكم

تتنوع أجهزة التحكم إلي :

النوع الأول : مفتاح مزدوج الوضع Double Position (ON–OFF)

يتمتع هذا النوع بالانتشار مثل تلك النظم المتبعة في الثلاجة المنزلية وهو ما يعمل مع الترموستات العامل فصلا وتوصيلا آليا ويتميز بعدد من المزايا مثل :
١ - يمكن ضبط مدي تغير درجات الحرارة وهو عادة يتراوح بين الحدين الأعلى والأدنى بقيمة (١٠ – ١٥ ° م) و (١٢ – ١٧ ° م) علي التوالي .

٢- يمكن ضبط درجتين مئويتين عند نفس مستوى الضغط أي أن التباين بين الحدود القصوى والدنيا سواء بالنسبة لدرجة الحرارة أم للضغط فمثلا نستطيع تغيير المدى إلي ١٠ – ١٧ بدلا من ١٠ – ١٥ ° م المحددة تقنيا .
٣- يمكن ضبط الوضع تبعا للواقع الفعلي ومن المتاح أن يكون النظام متقدما (التباين المرغوب أكبر من الفعلي) أو متأخر أي عكس المتقدم .

النوع الثاني : نظام التوقيت Timed ON / OFF
يحتاج هذا النظام إلي التباين واسع المدى ومنه يمكن تقليل فترة التشغيل بإضافة anticipator مع الثرموستات وهو ما يعمل علي تسخين موقعي للثرموستات فيجعله يفصل قبل الوصول إلي الحرارة الفعلية مؤديا إلي ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربية .

النوع الثالث : نظام التغير Variable Style
هنا يتغير الوضع تدريجيا بين حدي التوصيل والفصل إلي أن يصل إلي أي منهما فيتم الوصل أو التوصيل حسب الوضع .

النوع الرابع : أسلوب التناسب Proportional
يعتمد هذا النظام علي التغير الأكبر بالتناسب مع إشارة منقولة تبعا لدرجة الحرارة تغيرا وليس قيمة فيمكن الوصول إلي الدرجة المرغوبة (set point) أو الوضع الذي يتم الضبط عليه (control point) ، كما أنه يتواجد نظاما منه متطورا وهو طريقة التناسب مع إعادة الوضع آليا Proportional with Automatic Reset وهو ما يسمح بالحفاظ علي الوضع المرغوب واقعيا وذلك من خلال الاستشعار المسبق للوضع ويستخدم في كل من التكييف والتبريد

الفصل الثالث

الدوائر الكهربية للتبريد والتكييف

تتنوع دوائر التبريد ولكننا هنا بصدد مبادئ العمل مع هذا التخصص الذي يعرف بأنه تخصص كهروميكانيكي أي أنه يشمل كلا من التخصص الكهربي والتخصص الميكانيكي وبالتالي يتمكن أي من مهندسي الكهرباء أو مهندسي القوي الميكانيكية من التعامل مع مثل هذا التخصص المزدوج وكان مهما أن نبدأ بهذا الكتيب خصوصا وأن مبادئ هندسة التكييف لا تدخل في مناهج التعليم الهندسي لتخصص الكهرباء بكل الشعب الداخلية به وكان من الضروري التعريف بهذا التخصص وتقريبه للمهندس كي يتقدم ويتعامل مع تخصص التكييف ببساطة وفهم كامل .

٣-١ : دائرة التبريد العادية Normal Cooling Circuits

تعتمد دائرة التبريد علي نوعية أداء الجهاز الذي المناط به العمل وحيث أنه يتواجد أكثر من نوع فنبدأ هنا بالدائرة العادية ويقوم بها الجهاز العادي أيضا وله دورة حرارية يمثل دائرة التبريد العادية والتي تواكب أجهزة تكييف هواء الغرف عموما وتتكون من دائرة تبريد وماسورة شعرية ومجموعة من الملفات حولها زعانف كمكثف تبريد . إضافة إلي ذلك تتواجد مروحة لتحريك الهواء خلال مواسير وزعانف المبخر ومروحة ثانية للمكثف وعادة تدار المروحتين بمحرك كهربي واحد له عمود إدارة ممتد من الجهتين وعلي كل منهما أحد المروحتين ، كما يشتمل الجهاز علي جهاز ضبط حراري (ثرموستات) وبعض الملحقات . ولا ننسي أن الجهاز يستقبل الهواء الجوي ومن ثم لا بد من ترشيح الهواء قبل دخوله الدورة ويتم ذلك باستخدام مرشح هوائي (فلتر) علاوة علي تواجد سخانات كهربية توضع في طريق خروج الهواء للتسخين في فترات البرودة ، وجدير بالذكر أن هذه الدورة الحرارية تتم بالاستعانة بغاز مركب التبريد الفريون – ٢٢ .

المحرك الكهربي يتم توصيله مباشرة مع عامود إدارة الضاغط وهما مثبتان داخل جسم واحد لأن الضاغط من النوع المغلق (محكم الغلق) والغلاف لهما من الصلب ويتم ملئ الغلاف هذا بزيت التزييت ومن خصائصه عدم الحاجة إلي التغيير أو الإضافة ولذلك لا يجوز فتح الضاغط المغلق إلا إذا كان قد انتهى عمله تماما (عمره الفعلي للأداء) ويتم تبريده بواسطة بخار مركب التبريد الذي يمر فوق الملفات عند سحب هذا البخار من المبخر أثناء دورة التبريد السابق شرحها . أما المكثف فهو الذي يستقبل الغاز المركب الساخن من الضاغط وينقل الحرارة الموجودة بالغاز إلي الهواء المحيط به بدفع حركة الهواء الناتج عن مروحة المكثف فيتكاثف ويتحول إلي سائل تحت ضغط عال وبالتالي يدفع في الأنابيب الشعرية لتنظيم كمية سائل التبريد المتحول من بخار لتدخل إلي المبخر تبعا للحاجة ، أما المبدل الحراري فيتكون من جزء الأنبوبة الشعرية الملاصق لخط أنبوبة السحب حيث تنتقل حرارة جزئية من سائل مركب التبريد إلي بخار التبريد داخل ماسورة السحب فتزيد من كفاءة أداء دائرة التبريد .

بالنسبة للمبخر حيث يدخل سائل مركب التبريد ونتيجة للإمتصاص الحراري من هواء الغرفة فيندفع فوق ملفات أنابيب المبخر المحيطة بمروحة المبخر فتسحب البخار من المبخر وتبدأ الدورة من جديد لأنها دورة مغلقة ، ومرشحات الهواء تقوم بترشيح الهواء قبل دخوله إلي

الجهاز وهي نوعان حيث الأول دائم الاستعمال أو الثاني الذي يحتاج إلي تغيير كل فترة زمنية حسب المناخ الجوي وحالة الهواء بالمنطقة وتلجأ التصميمات الحديثة للنوع الأول وهو مصنوع من الشبك الألومونيوم داخل إطار معدني أو بلاستيك رغوي وتغطي هذه الأنواع بزيت معدني لزج لا رائحة له وذلك من أجل منع ذرات الأتربة والعوالق من الدخول إلي الجهاز ويمكن تنظيف المرشح كل دورة زمنية (شهر) بمنظف عادي مع المياه لتحسين مستوى وكفاءة أداء الجهاز .
كما يلزم إزالة الرطوبة المتكاثفة علي أنابيب وزعانف المبخر وهي رطوبة زائدة وتتساقط في حوض لتنساب إلي أسفل المكثف لتتبخر فتزيد من كفاءة دورة التبريد .

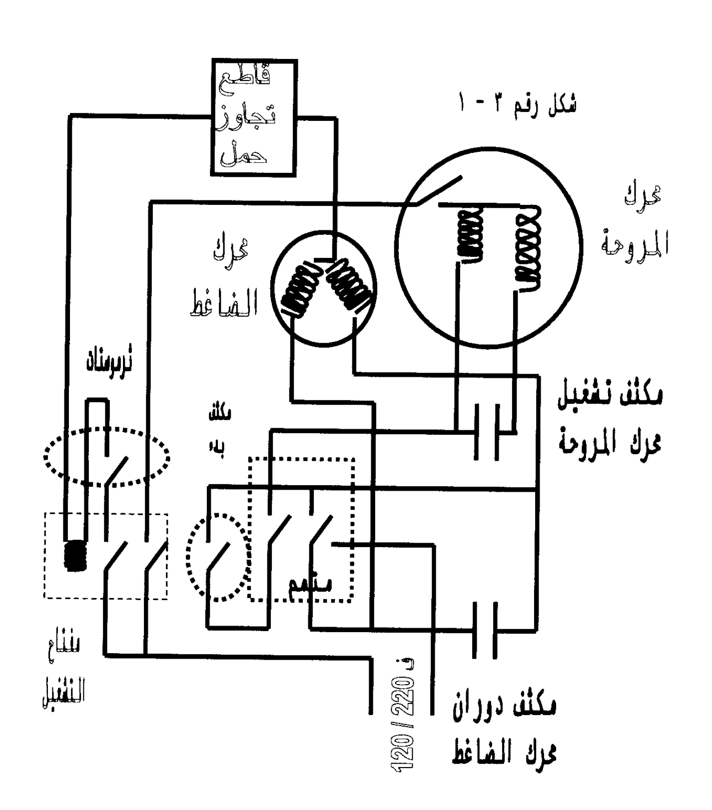
لما كان الضاغط والمحركات الخاصة بالمراوح كلها تعمل بالتيار الكهربي وبالتالي أصبح لزاما أن نتطرق إلي الدوائر الكهربية الخاصة بجهاز التكييف ككل وهنا الضاغط ينبثق عنه نوعان فالأول هو الذي يتم توصيل ملفات تقويمه معه والدوران بصفة مستمرة كسعة (Capacitor) أو اختصارا باسم CSR أو من النوع الذي يجهز بأسلوب PSC مع ضرورة تجهيز المحركات بملف خانق Choke Coil لتنظيم سرعة محرك المروحة (أحيانا) بجانب القواطع الآلية لتجاوز الحمل (بصفة أساسية) ، أما المحركات الأخرى التي تخص المراوح سواء للمبخر أو المكثف فيلزمها بادئ مناسب للتيار والدائرة الكهربية يجب أن تشتمل علي ثرموستات Thermometer لتنظيم درجة الحرارة بجانب قاطع آلي يعمل علي زيادة التيار وهو مفتاح مخصص للجهاز ويكون بمقنن الجهاز كهربيا .

أولا : النوع الأول من الضواغط CSR

حيث أن الدائرة الكهربية تعمل تلقائيا لتنظيم درجة حرارة مكان ما بطريقة آلية فيلزم التنويه عن ضرورة تركيب مرحل لبدء الدوران Starting بالنسبة للضاغط من النوع الأول CSR وهذا المرحل Relay منه طرازان فأولهما يعتمد علي زيادة التيار Over Current والثاني يعتمد علي هبوط الجهد Under Voltage وفي الحالتين يتم فتح الدائرة الكهربية آليا بما في ذلك ملفات التقويم الخاصة ببدء الدوران ويمكن توضيح عملهما كما يلي :

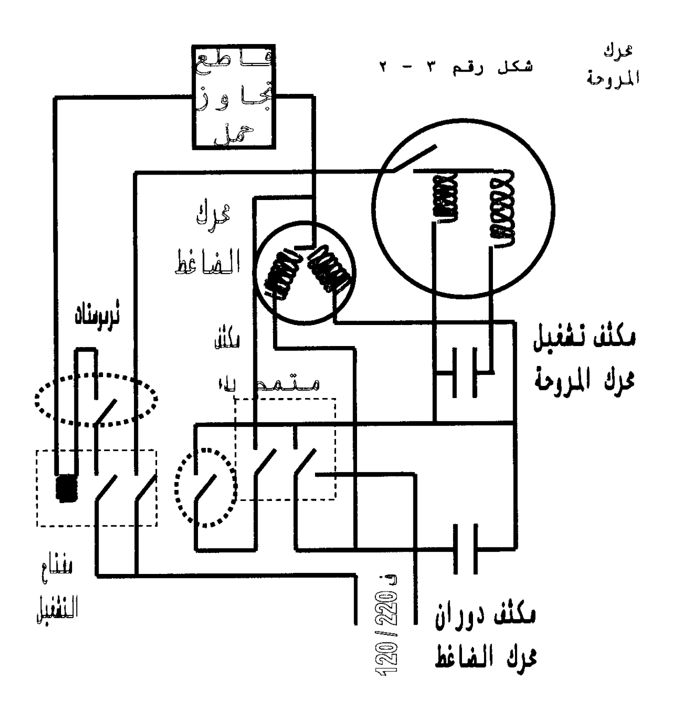
المرحل الأول : متمم زيادة التيار Over Current Relay

يعرض الشكل رقم ٣ - ١ الدائرة الكهربية وبها هذا النوع من المتممات (زيادة التيار) حيث يوصل مع ملفات دوران الضاغط (Running Winding) فيتم فصل الملامسات عند توقف الضاغط عن الدوران وتكون في الوضع ON وعندما يبدأ المحرك في التشغيل من خلال المفتاح الخاص به يمر التيار في الملفات فتسبب توصيل الملامسات فيمر التيار في ملف التقويم وعند وصول المحرك إلي سرعته العادية يقل التيار المار في المتمم عن تيار البدء فيفتح الملامس الخاص به مع استمرار المحرك في الدوران .



قاطع
تجاوز
حمل
شكل رقم ٣ - ١
محرك
المروحة
محرك
الضاغط
ترموستات
مكثف
بدء
مكثف تشغيل
محرك المروحة
متمم
مفتاح
التشغيل
120 / 220 ف
مكثف دوران
محرك الضاغط

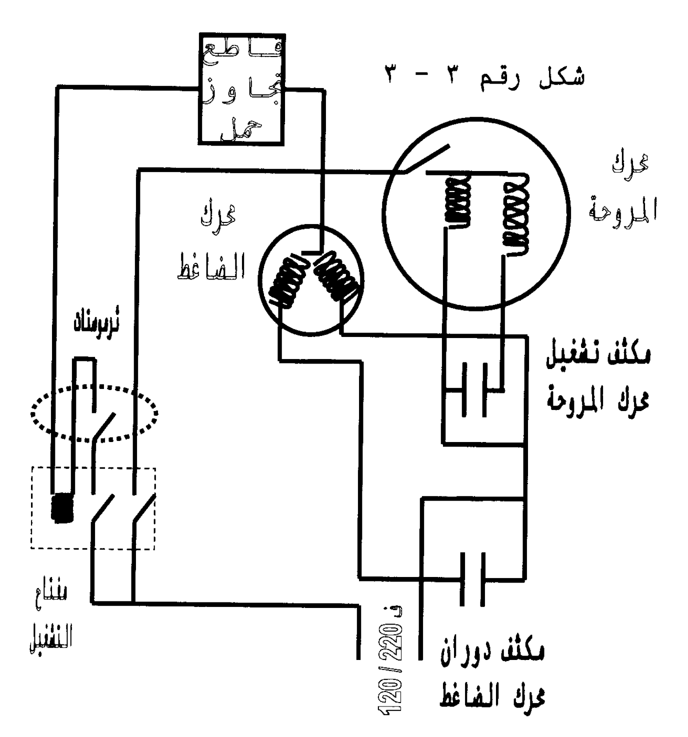
المرحل الثاني : المتمم بهبوط الجهد Under Voltage Relay



شكل رقم ٣ - ٢

يعرض الشكل رقم ٣ – ٢ موقع متمم هبوط الجهد وملف هذا المتمم كما يبين من الشكل موصل علي التوازي مع ملفات تقويم المحرك الخاص بالضاغط وعند توقف المحرك تغلق ملامسات المتمم (NC) ومع قفل مفتاح التشغيل وقطع توصيل الملامسات الخاصة بالثرموستات حيث يكون الجهد غير كافيا لرفع قلب المرحل فتظل الملامسات مغلقة وعند بدء التشغيل يتم توصيل ومرور التيار بملفات التقويم وملفات المرحل ويستمر المحرك في الدوران بتأثير التيار .

ثانيا : النوع الثاني من الضواغط (PSC)



هذا النوع حيث يتم توصيل محرك الضاغط مع ملفات التقويم والدوران بصفة دائمة كما توضح الدائرة الكهربية الخاصة بهذا النوع في الشكل رقم ٣ – ٣ حيث لا يتواجد متمم لتقويم محرك الضاغط لأنها تعمل بدون الحاجة إلي عزم عالي لبدء الدوران حيث يتعادل جهتي الضغط (العالي والمنخفض) عن طريق الأنبوبة الشعرية وبذلك يمكننا تجنب مشاكل مرحل بدء التشغيل وهذا السبب أعطى إشارة الانتشار لهذا الطراز من الدوائر .

ثالثا : حماية محرك الضاغط Protection

تتم حماية المحركات عموما ضد زيادة التيار المفاجئ والتيار المتزايد زمنيا ولذلك يلزم تركيب قاطع تيار لحماية المحرك ومن أهم هذه الأنواع يأتي متمم تجاوز الحمل Over Load ويمكن تركيبه إما خارج جسم المحرك والضاغط أو داخل ملفات المحرك داخليا ونلقي مزيدا من الضوء عنهما كما هو تالي :

١ - التركيب خارج جسم المحرك والضاغط External Mounting
يقدم الشكل رقم ٣ – ٣ مكان هذا المتمم بالدائرة وهو يتكون من مزدوج معدني Bimetal بجانب مسخن كهربي صغير داخل غلاف المتمم Envelope وعادة يتم تركيبه فوق جسم المحرك والضاغط له أطراف Terminals يتم توصيلها علي التوالي In Series مع ملفات التقويم ودوران المحرك وهذا المتمم يفصل الدائرة إذا ما زادت درجة الحرارة لمدة محددة مقابل كل نسبة زيادة عن الحمل المقنن وهذا القطع يعود آليا مع انخفاض درجة الحرارة مرة أخرى . ويتأثر هذا المتمم الحراري باستمرارية قطع وتوصيل التيار تكراريا سواء يدويا أو آليا لتلف المكثف الخاص ببدء التشغيل كما يتأثر بزيادة مدة دوران المحرك لفترة طويلة تسبب زيادة ملحوظة في درجة الحرارة .

٢ - المرحلات الداخلية Internal Mounted Relays
يتم تركيب هذا النوع داخل المحرك ويتم توصيله علي التوالي مع ملفات التقويم والدوران ويقوم بنفس عمل المرحل السابق ويعمل عند درجات حرارة عالية حيث يفصل المحرك إذا وصلت درجة حرارة ملفاته إلي ٢٢٩° ف حيث أنه يستهلك ما يقرب من دقيقتين لخفض درجة الحرارة بعد التشغيل ومن ثم يلزم الانتظار حتى نصل إلي الحرارة المنخفضة كي نعطي أمر تشغيل المحرك كي تكون الفرصة قد أصبحت مهيأة لتعادل الضغط داخل دائرة التبريد ولكنه إذا فصل آليا بسبب تجاوز الحمل لا بد من الانتظار ما يقرب من الساعة كي يتم التوصيل مرة أخري وإلا لزم الاستعانة بتبريد خارجي (مراوح مثلا) لتقصير هذه المدة .

ثالثا : المكثفات Capacitors
تتعدد أنواع المكثفات المستخدمة في الدوائر الكهربية الخاصة بأجهزة التكييف إلي ثلاث أنواع جوهرية نوجز لها السطور التالية :

١ - مكثف البدء Starting Capacitor
تحتاج عادة المحركات إلي مساعدة لبدء الدوران نتيجة الحاجة إلي عزم كبير وعادة ما يستخدم البادئ من النوع المكثف وفي دوائر التبريد يركب هذا المكثف والتي يكون معها أيضا متمم تقويم وهذا الأسلوب جاء في الشكل رقم ٣ – ١ و ٣ – ٢ الخاصة بنوع الضاغط CSR وفي الشكل رقم ٣ – ٣ للنوع الثاني من الضواغط حيث يسبب هذا المكثف عند بداية الدوران زاوية كهربية مختلفة Angle بين معاملي العزم فتساعد علي زيادة العزم Torque وهذا لا يستغرق زمنا طويلا ولذلك هذا المتمم يفصل البدء بعد الوصول إلي السرعة المقننة Normal Speed ويحتاج هذا المكثف إلي مقاومة ٢ وات Resistance بقيمة (١,٥ – ١,٨ ك. أوم) كما بالرسم لمنع تفريغ التيار بين ملامسات المتمم وبالتالي تلفقها السريع ومكثف التقويم عادة صغير الحجم بالنسبة لمكثف الدوران حيث مكثف الدوران يحتاج إلي مزيد من التوضيح كما هو آت :

٢ - مكثف الدوران Run Capacitor
يظهر مكثف الدوران في جميع دوائر التبريد التي تحتوي علي أي نوع من الضواغط وهو يشترك في دوائر الضواغط الموصلة مع ملفات التقويم والدوران كما في الشكلين ٣ – ١ و ٣ – ٢ أو توصيله مع الضواغط PSC (الشكل رقم ٣ – ٣) كما يتم توصيل هذا المكثف مع محركات المراوح كما في الشكل رقم ٣ – ١ و ٣ – ٢ و ٣ – ٣ وهو يصنع من رقائق الألومونيوم والورق العازل كما سبق التوضيح ويملأ بالزيت العازل ويصمم للتشغيل الدائم وهو يسبب زاوية

فرق كهربية لتزيد من العزم عند بدء الدوران كما أن المكثف يعمل علي تحسين معامل القدرة للدائرة عموما ويرفع من كفاءة المحرك ويتم حمايته بالمصهر في أغلب الأحوال كما أن سعة هذا المكثف صغيرة ولكن حجمه أكبر من مكثف التقويم .

٣ـ مكثف الدوران مزدوج السعة
هذا النوع من المكثفات وهو مزدوج السعة حيث الأول له سعة عالية يتم توصيله مع الضاغط ويعمل مكثف دوران بينما الآخر بسعة صغيرة ويوصل مع المحرك الخاص بالمروحة ويقوم بعمل مكثف الدوران العادي .

رابعا : مفتاح التشغيل والتحكم Master Control
هذا المفتاح Selector Switch يعمل بدائرة أجهزة التكييف ومنه عدد من الأصناف تبعا لعدد الأطراف وتوصيلاته الداخلية وهذا يعتمد علي أسلوب التحكم Control (الشكل رقم ٣ ـ ١ ، ٣ ـ ٢ ، ٣ ـ ٣) ولذلك منه نوعان الأول يعمل بيد تتحرك Knob دائريا والثاني بمجموعة من الأزرار Push Buttons

خامسا : الملحقات الحرارية
نتعامل مع الانتقال الحراري ورفع أو خفض حراري في مكان ما وعادة ما يكون مغلقا ومن ثم نلجأ إلي التعامل التلقائي في التشغيل والفصل عند الضرورة وتتضمن هذه العمليات الوسائل الأساسية التالية:

١ـ المنظم الحراري Thermostat
يتم تنظيم درجة الحرارة Temperature Regulation وضبط قيمتها من خلال الثرموستات كما أنه يتحكم Control في تشغيل وإيقاف المحرك الخاص بالضاغط فقط ولكنه لا يؤثر علي تشغيل المروحتين ومنه نوعان الأول ما يسمى بالانتفاخ الحساس Bulb حيث يكون عبوة ممتلئة بخليط من سائل وبخار مركب تبريد Cross Ambient Liquid/ Vapor filled ولذلك يجب أن مائلا بزاوية في حدود ١٥ ْ تأكيدا علي وجود السائل أسفل ليغمر فتحة الأنبوبة الشعرية الخاصة بالثرموستات وهو لا يتأثر بأية عوامل خارجية . أما النوع الثاني فيكون الانتفاخ عبارة عن أنبوبة شعرية ملفوفة علي هيئة ملف ومملوءة ببخار مركب التبريد Coiled Capillary / Vapor filled وتركب لتلامس سطح المبخر وفي مجرى الهواء الداخل إلي الجهاز والراجع من الغرفة حيث أنه يتأثر بدرجة حرارة كل من الهواء والمبخر ، وإذا ما تكونت طبقة ثلجية (Frost) علي سطح المبخر تنخفض درجة الحرارة فيبطل هذا الثرمووستات تشغيل الضاغط ويمنع في نفس الوقت تراكم الثلج علي سطح المبخر .

٢ـ محرك المروحة Ventilation Motor :
تتنوع المحركات الشائعة ومن أهمها النوع الموصل بملفات التقويم والدوران بمكثف دائم وهو عالي الجودة أو استعمال محركات ذات أقطاب مساعدة Shaded Pole وهذا المحرك عادة يقوم بتشغيل المروحتين وذلك بالتركيب علي طرفي عامود الإدارة من جهتيه كما سبق التنويه والمروحتين من الأهمية البالغة لتوازن التوزيع الحراري والحفاظ علي مستوى الأداء الحراري بطريقة سليمة .

٣- السخانات Heaters

تتوافر في بعض الأنواع من أجهزة التكييف سخانات كهربائية لتعمل علي تدفئة الحجرات في أوقات البرودة للهواء المحيط وهي سخانات كهربية من النيكل كروم الحراري بجانب العوازل الكهربية والحرارية اللازمة ويتم تركيبها عادة أمام مروحة المبخر أو خلف المبخر نفسه وللسخان وصلة منصهرة مثل المصهر تنصهر عند درجة حرارة ١٥٠ ْف لوقاية الجهاز ككل إذا تلفت المروحة واستمر السخان في العمل لأي من الأسباب .

سادسا : الملف الخانق Choke Coil

نحتاج إلي هذا الملف لتخفيض سرعة محرك المروحة ويعمل كمقاومة لتقليل الجهد ويتبع ذلك تقليل السرعة .

٣-٢ : دائرة التبريد المعكوسة Reverse Circuit

تختلف الأجهزة الحديثة عن تلك القديمة في أن القديمة كانت تحتوي علي سخانات كما سبق التوضيح أما نحن هنا بصدد الأنواع الحديثة منها حيث أن الأجهزة الحديثة تعمل علي تسخين الهواء بالحجرة دون اللجوء إلي السخانات بل بعكس اتجاه مرور مركب التبريد داخل دورة التبريد من خلال صماما عاكس Reverse Valve والذي يتكون من صمام عادة ما يكون ملف كهربي solenoid للتحكم بجانب آخر مرشد Pilot وثالث عاكس ففيه يقوم الجهاز بتنظيم الدورة لتعمل علي أساس الدورة المعكوسة Reverse Cycle ويتم شرح ذلك من خلال النقاط المحددة في هذا الفصل . عند موضع مفتاح التشغيل علي وضع التبريد لا يمر التيار بملف الصمام العاكس ويجذب الياي المتصل به ويتسرب بذلك مركب التبريد الموجود في الحيز إلي أنبوبة الضغط المنخفض أي السحب بينما يرتفع الضغط في الحيز الأخر كما هو مبين بالرسم . وبالتالي تكون الدورة ملائمة للتبريد بينما تصبح الدورة معكوسة ويتم ذلك من خلال بعض التقنيات التي نضعها الآن .

أولا : عملية التدفئة

موضع التدفئة وفيه يفتح الملف الكهربي للصمام العاكس مع المرشد وبالتالي الصمام الثاني يقفل ويتسرب مركب التبريد إلي ماسورة الضغط المنخفض (السحب) فيرتفع في الحيز الموجود من الصمام العاكس وتنعكس بذلك دورة التبريد وفي هذه العملية ينعكس دور المبخر ليصبح مكثفا والمكثف ليكون مبخرا فترتفع درجة الحرارة .

ثانيا : منظم إذابة الثلج De Ice Control

عادة ما يتكون ويتراكم الثلج (فروست Frost) علي ملف الأنابيب الخارجي بجهاز التكييف بالدورة المعكوسة وذلك أثناء عمليات التدفئة وهذا التراكم يمثل عائقا حراريا أمام عمليات الانتقال الحراري المطلوبة فيقلل من كفاءة التشغيل ولهذا السبب يجب التغلب علي هذه المشكلة ويتم هذا من خلال منظم لإذابة هذا الثلج المتراكم ويعمل بطريقة تلقائية حيث يعكس حركة مركب التبريد بهذه المنطقة فيذيب الثلج المتراكم . ومن هذا المنظم نوعان حيث الأول عبارة عن قرص حراري حساس يتم تركيبه حيث يوضع فوق دوران الأنابيب الخاصة بالمكثف وهو يتأثر بدرجة حرارة مركب التبريد داخل أنابيب المكثف وينظم ذلك من خلال فتح وغلق ملامسات مخصصة له ، كما أنه مع انخفاض درجة الحرارة (+ ٢٥ ْف) تفتح الملامسات لتفصل دائرة الملف الكهربي والخاص بالصمام العاكس ومحرك المروحة فيسمح بمرور مركب التبريد داخل الدائرة

في الاتجاه العادي (غير المعكوس) ومن الجهة الأخرى مع درجة الحرارة العالية (+ ٦٥ ْ ف) تتلامس ملامسات المنظم ويصل التيار الكهربي إلي الملف الكهربي الخاص بالصمام العاكس ويدور المحرك ويعكس اتجاه مرور مركب التبريد داخل الدائرة ليقوم الجهاز بعملية التدفئة .
أما النوع الثاني من المنظمات يتكون من منفاخين بكل واحد أنبوبة حساسة وبالتالي تتلامس أحدهما مع سطح أنابيب الملف الخارجي وتتأثر بدرجة حرارة مركب التبريد داخل الأنابيب والأخرى تتأثر بدرجة حرارة الهواء المار في أنابيب الملف الخارجي عندما يوضع مفتاح التشغيل علي وضع التدفئة وفي حالة عدم وجود ثلج متراكم علي ملف الأنابيب الخارجي فتكون الدائرة مغلقة لتمدد المنفاخين وعندما يتكون الثلج في البداية وبدرجة ٣٢ ْ ف وتبعا لنسبة الرطوبة تنخفض درجة الحرارة وينكمش المنفاخين عن طريق الأنبوبتين الحساستين حتى تفتح ملامسات المنظم وبذلك لا يصل التيار الكهربي إلي محرك المروحة وملف الصمام العاكس فيتم تغيير اتجاه حركة مرور مركب التبريد ويدفع غاز مركب التبريد الساخن إلي الأنابيب ويتوقف المحرك الخاص بالمروحة ويمتنع عن دفع الهواء الساخن إلي الغرفة ، ومع ذوبان الثلج المتراكم يتمدد المنفاخين وتتكرر العملية السابقة من جديد .

٣ ــ ٣ : تكنولوجيا التبريد

يحتاج الإنسان منذ القدم إلي وسائل فعالة لحفظ طعامه كي يستطيع تخزينه واستخدامة خصوصا وأن الأغذية كلها كانت زراعية وكانت هذه الزراعات كلها موسمية ولا تتوافر علي مدار العام .
وازداد احتياج الإنسان لحفظ الأغذية تدريجياً بظهور التجمعات العمرانية التى بدأت تلجأ إلي استيراد أنواعا معينة من بعض الأغذية التي تتوافر في المناطق المحيطة أو تلك القريبة ، مما يلزم حفظ هذه الأغذية لبعض الوقت لضمان وفرتها في فترة زمنية معقولة فكانت الحاجة إلي مخازن عملاقة لحفظ الأغذية وخصوصا تلك الواردة من أماكن إنتاج هذه الأغذية فى المناطق المختلفة سواء كانت قريبة أو بعيدة وذلك أما لفترات قصيرة الأجل أو طويلة مع ضمان سلامتها وصلاحيتها للاستخدام الآدمي .
كان لهذا التطور فى حاجة الإنسان لحفظ طعامه ذلك الفضل فى وجود صناعة التبريد وتطورها السريع لتواكب هذه الحاجة الملحة لتغطية الاستهلاك البشري ، ولما كانت الحضارة الإنسانية منذ القدم قد توصلت لعدة طرق لحفظ الأغذية منها مثل التجفيف (البلح والمشمش والعنب والنعناع وغيرها) ، وأسلوب التدخين (الأسماك واللحوم) بجانب التخليل كما هو فى العديد من أنواع المخللات ، والتمليح مثل حفظ الأسماك واللحوم ، وكانت معظم هذه الطرق تصلح فقط لبعض أنواع الأغذية ولا يمكن تعميمها. وتؤدى كل هذه الطرق إلى تغير شكل ومذاق الأغذية ولا تصلح لحفظها فى صورتها ومذاقها الأصلى وهو ما يعتبر أحد العيوب الرئيسية الناتجة عن أسلوب التخزين للأغذية بشكل عام ، علاوة علي أن حفظ الأغذية قد لا يصلح إلا لفترات زمنية محدودة . فى أوائل القرن التاسع عشر تم ظهور طريقة التعليب لحفظ الأغذية في فرنسا وتمكنوا من حفظها لفترات زمنية طويلة نسبيا ، إلا أن الأغذية المعلبة تعانى من ضرورة الطبخ الزائد لضمان تعقيمها ، أو اللجوء إلي إضافة بعض المواد الكيميائية مما قد يضر بصحة المواطن بجانب تغيير مذاقها .
بظهور صناعة التبريد أخذ حفظ الأغذية بعداً جديداً من حيث الكم والنوع وأصبح التبريد واحدا من أهم الطرق شيوعاً لتخزين الأغذية لما له من مميزات فى المحافظة على شكل ومذاق الأغذية إلي حد ما نسبة إلي بقية التقنيات ، بالإضافة إلى حفظها لفترات زمنية أطول من التعليب، وإمكانية استخدام هذه الطريقة لكل أنواع الأغذية تقريبا ، كما تدخل صناعة التبريد فى حفظ الأغذية بالوسائل الأساسية الآتية :

١ - حفظ الأغذية فى مخازن التبريد الكبيرة ، أو فى ثلاجات العرض ، أو فى المبردات والمجمدات التجارية والمنزلية .
٢ - نقل الأغذية المبردة أو المجمدة من مكان إلى آخر مما يستلزم وجود وسائل نقل مزودة بنظم تبريد.
٣ - عمليات تصنيع الأغذية المختلفة وما تحتاجه هذه العمليات من تبريد أو تجميد مناسب .
التغير بين الحالتين السائلة والغازية عند درجة حرارة تعتمد على الضغط فى المدى بين نقطة تجمده ودرجة حرارته الحرجة ، فعند الغليان يجب أن يحصل السائل على الحرارة الكامنه للتبخر وعند التكثف تخرج الحراة الكامنه مرة أخرى كما تعتمد دورة التبريد الاساسية على الغليان والتكثف . فمثلا عند درجة الحراة والضغط المنخفضين يمتص المائع الحرارة الكامنه وبالتالى يتحول إلى غاز جاف ثم يرتفع ضغط الغاز فى نطاق أداة ميكانيكيه إلى ضغط أعلى يناظر درجة حرارة التكثف ثم يخرج الغاز تلك الحرارة الكامنه عند الضغط العالى ليتحول مرة ثانيه إلى سائل . علي الجانب الآخر تتطلب الدورة الكاملة للتبريد وصلة ما بين المكثف والمدخل كي تشتمل على صمام مخفض للضغط ومع انخفاض الضغط عند هذا الصمام تهبط درجة حرارة المائع وبذلك ينشأ جزء منها كبخار مما يزيد الحجم النوعى لمائع التبريد بعد الصمام نتيجة تمدد وانتشار جزء منه .

أولا : المكونات الاساسية
دورة التبريد تتكون من:-
١- الضاغط .
٢- المكثف
٣- المبخر
٤- صمام التمدد
٥- الثرموستات
٦- مواسير تصل المكونات المختلفه
٧- اجهزة التحكم.
٨- مكونات أخرى مساعدة
لتشغيل هذه النظم يلزم توصيل مكوناته المختلفة بمواسير وأنابيب ، وتعرف هذه المواسير والانابيب بخطوط المبرد حيث يتم تصميم وتركيب هذه الخطوط فى النظم سابقة التجميع بالمصنع ، أما النظم غير سابقه التجميع فتحتاج أن يقوم مهندس التبريد بتصميم وتركيب خطوطها ولذلك يجب على المهندس اختيار خامة هذه الخطوط ومواصفاتها وعليه ايضاً أن يصمم هذه الخطوط ليكون فقد الضغط بها منخفضاً نسبياً وتوفيراً للطاقة ولتحسين أداء نظام التبريد ويجب أن تسمح خطوط المبرد بدوران زيت تزييت الضاغط مع المبرد، وعودته مرة أخرى إلى الضاغط دون ترسبه فى بعض أجزاء نظام التبريد (فى حالة الهالوكربونات فقط) ايضاً ويجب أن يراعى مصمم هذه الخطوط سهولة صيانتها عند الضرورة. كما يضم نظام التبريد ايضاً العديد من اجهزة التحكم التى تعمل على حماية نظام التبريد عند الضرورة في حالة تغيير ظروف التشغيل ، فمثلاً هناك أجهزة تحكم لإذابة الثلج الموجود على المبخر (إن وجد) ، واجهزة تحكم لتشغيل سخان الزيت اثناء دورة التوقف بالضاغط ، وأجهزة تحكم للمحافظة على ضغط المبخر مستقرا عند الحدود المقننة ، واخرى للمحافظة على ضغط المكثف بقيم شبه ثابتة ، واجهزة تحكم لإيقاف الضاغط إذا ما قل ضغط السحب عن حدود التشغيل الطبيعية و إذا ما زاد ضغط الطرد ، وغيرها من أجهزة التحكم.

أما عن كيفية التحكم فى درجة الرطوبة فمن الممكن استخدام هيوميدستات فى الحفاظ على درجة الرطوبة المحددة ويكون ذلك بالاضافه إلي الثرموستات ، و يتم تصنيع أجزاء هيوميدستات الميكانيكية من مواد بتغير أبعادها يتغير الرطوبة مثل البلاستيك او السليوز ، ولذلك تستخدم بعض أجهزة القياس في هذا الصدد مثل مقياس الضغط حيث يتم تركيبه عند مخرج ومدخل الضاغط ومزج الزيت للاستدلال المباشر على حاله تشغيل الضغط وتركب عادة بالقرب من الضاغط ، ويتم صناعته غالباً من منظومات من طراز (بوردون) ذى انبوب مفلطح بحيث يتغير شكلها تحت تأثير الضغط بسبب الاندفاع المتردد للغاز الخارج من الضاغط يحدث العطل المبكر لمنظم الإبرة ويمكن امتصاص تلك الذبذبات بخنق الأنبوبة الموصلة بواسطة صمام أو فوهة وذلك بملء مقياس الضغط بالزيت بحيث لايسمح بتذبذب ملحوظ . كما توجد الصمامات ذات الملف اللولبى وهي عبارة عن أصبع يشغل بواسطة ملف مغناطيسى يعمل مباشرة على فوهة الصمام بواسطة وحدة موازرة (سرفو) . والنظام المعتاد هو أن يغذى الصمام المغناطيسى بالتيار ليفتح الصمام ويقطع التيار ليغلق الصمام . وهناك صمامات منظمة ذات ضغط خلفى وهي ما تستخدم لمنع إنخفاض ضغط المبخر إلي أقل من القيمة المحددة .

علي الجانب الأخر نجد أن الغرض من إستخدام صمام منظم هو منع حدوث عطل فى المبخر لتبريد السائل الذى قد ينتج عن تجميد السائل ، لمنع تكون الصقيع على مبخرات تبريد الهواء وكذلك للسماح بان يعمل مبخران أو أكثر عند درجات حرارة حمل مختلفة على نفس الضاغط .

يتم التحكم في التغير التدريجى لضغط المبخر طبقاً للحمل المتغير عن طريق درجة الحرارة بجانب أنه يعمل كصمام مغناطيسى يتحكم فيه بواسطة صمام مغناطيسى استرشادى ، ويتم تصمم نظم التبريد عادة لتتحمل اقصى الظروف الجوية ويتم إختيار حجم المكثف بحيث يحقق ذلك .

ينتج عن خفض درجة الحرارة وضغط التكثيف فى الأجواء الباردة فرق ضغط أقل عبر صمام التمدد مما قد يؤدى الى سوء أدائه ، لذلك من الضرورى للعمل على منع الإنخفاض ، ولذلك لابد أن يكون الضغط الأدنى هو أقل ضغط يخفض التشغيل الإقتصادى.

أما صمام التنفيس فانه يستخدم صمامات تنفيس أو قرص متفجر بين وصلتى الدخول والخروج بالضاغط لمنع حدوث زيادة فى الضغط بينما صمامات الغلق تستخدم صمامات الغلق اليدوية فى دورات التبريد للسماح بعزل أحد الأجزاء أثناء الأحمال الجزنية أو الصيانة والإصلاح .

يستخدم الصمام لعزل الأجزاء عن بعضها وذلك أثناء عملية الصيانة أوعملية التركيب وتصنع مقاعد الصمامات من معدن طرى أو مادة بلاستيكية لدنه .

من الجهة الأخرى تشتمل دورات المواسير عادة على بعض العوالق والقشور والشوائب وبالرغم من الإحتياطيات المسبقة ، ولذلك تركب مصفاه على سحب الضاغط لصيد تلك الجزنيات قبل دخولها الى الضاغط وتصنع تلك المصافى من شبكة معدنية وتركب فى مكان يسهل فيه فكها وتنظيفها وتستخدم فى بعض الحالات مصفاتين ، ولزيادة التأكيد تركب بطاقة من نسيج داخل المصفاه لفصل الاتربة الدقيقة ويجب رفع البطاقات بعد فترة بدء التشغيل لأنها تسبب مقاومة كبيرة لسريان الغاز خلالها ومنها أنواع متباينة مثل مصافى الزيت وتلك المجففة .

من جهة أخرى نجد أن نظم مخازن التبريد سابقة التجهيز تتنوع كما يلي :

أولا : النظم المخزنية

هذه النوعية هي الأفضل في حالات التركيب السريع ولها عددا من الخطوات ليتم تجميعها بصورة محسنة نضعها في النقاط الآتية :

١ - ضرورة تجهيز الأرضية التى سيجمع فوقها المخزن بحيث تكون مستوية تماما حتى لا يظهر أى مشاكل أثناء عمليات التجميع .
٢ - وضع ألواح الأرضيه فى مكان تركيب المخزن بحيث تكون مستوية تماما مع بعضهما بواسطة الأقفال السريعة .
٣ - تجميع الالواح حتى يتم تجميع جميع الجوانب مع الارضيه .
٤ - ثبيت لوح نهاية السقف مع باقى الواح الجدران ثم تستكمل باقى ألواح السقف .
٥ - يختبر وجود أى فاصل بين الألواح بعد التجميع بملاحظة أى ضوء يدخل خلال هذه الفواصل كي يتم إحكام رباط أقفالها .
٦ - يستخدم فى كثير من الأحيان مادة السيلكون السائل لملئ أى فواصل بين الالواح وذلك لإتمام عزل الحيز الداخلى للمخزن عن الحيز الخارجى كاملا .
٧ - تثبت وحدة التكثيف على حامل مثبت بجوار المخزن .
٨ - تثبيت المبخر بداخل حيز المخزن بعد تثبيت صمام الانتشار الحرارى وتثبيت الانتفاع الخاص بماسورة مخرج المبخر .
٩ - عمل التوصيلات الخاصة بتوصيل المواسير بين وحدة التكثيف والمبخر وتركيب متممات الدائرة .
١٠ - توصيل جميع التوصيلات الكهربائية للوحدة عن طريق لوحة التوزيع الخاصة بها .
١١ - تفريغ الدائرة ثم شحنها لاختبار التسرب منها ومتابعة ادائها وضبطها .

ثانيا : أنظمة التجميد السريع

الغرض من التجميد السريع هو تجميد المنتج بطريقة سريعة فى زمن قصير بقدر الإمكان حتى يمكن الاحتفاظ بخصائصه بقدر الإمكان دون تغيير ويستخدم التجميد السريع فى الصناعة بالنسبة للمواد الغذائية أو تعبئة وحفظ اللحوم والدواجن أو الفاكهة ، وأنظمة التجميد السريع هى:

١- التجميد بواسطة الهواء المندفع :

يتم بدفع الهواء بسرعة عالية جداً ودرجة حرارة منخفضة حول المنتج وبأى طريقة بحيث يجب أن تكون طريقة ترتيب المنتجات تسهل المرور حول جميع أجزاء المنتج وتكون المنتجات إما معلقة فى سيور ناقلة تتحرك ببطء حيث يتحرك المنتج ، بمرور الوقت من نقطة إلى اخرى بحيث إذا وصل إلى نهاية ممر التجميد يكون قد تم تجميده ، أو توضع المنتجات على عربة (ترولى) ذات أرفف مثقبة بحيث تسمح بمرور الهواء خلالها ، وتتحرك العربات داخل ممرات التجميد بحيث إذا وصلت إلى نهاية الممر تكون المنتجات قد وصلت إلى مرحلة التجميد ، وتستخدم هذه الطريقة فى تجميع اللحوم والدواجن.

٢ - التجميد بالتلامس غير المباشر

ويتم بأن توضع المنتجات المراد تجميدها فى حجرات ذات ألواح ويمرر وسيط التبريد بين هذه الألواح حيث يكون المنتج فى تلامس حرارى مع اللوح المبرد وغير مباشر مع وسيط التبريد فيحدث انتقال للحرارة من الالواح المعدنية بواسطة التوصيل وتكون كفاءة عملية التبريد فى هذه الطريقة متوقفه على مساحة سطح التلامس .
وهذا النوع من المجمدات يكون صالحا حينما تجمد المنتجات بكميات صغيرة ،وتستخدم مجمدات متعددة الالواح إذا كان التجميد بكميات كبيرة وتتكون هذه المجمدات من ألواح أفقية متوازية متعددة (الشكل ٣ – ٤) وتعمل هذه المجمدات بواسطة الضغط الهيدروليكى بحيث يمكن فتحها

لأستقبال المنتج وغلقها بأى ضغط مطلوب ، ومن حيث كفاءة التبريد تكون المنتجات محصورة بين سطح علوى وسفلى وفى تلامس حرارى تام مع هذين السطحين من الالواح للمبردة فيكون انتقال الحرارة مرتفعا ويتجمد المنتج بسرعة .



٣ - التجميد بواسطة التغطيس (الغمر)

يتم التجميد بهذه الطريقة بواسطة تغطيس المنتج المراد تجميدة فى محلول ملحى أو سكرى عند درجة حرارة منخفضة حيث يكون السائل المبرد فى تلامس حرارى مع المنتج فيتم انتقال الحرارة منه إلي السائل بسرعة فتتجمد المنتجات فى زمن قصير ، ومن مميزات هذه الطريقة إمكانية تجميد المنتج فى وحدات صغيرة بدلاً من تجميده ككتلة كبيرة كما فى طريقة التجميد بالتلامس غير المباشر .
كذلك التجميد بالتغطيس له ميزة أخرى وهى تكون طبقة رقيقة من الجليد تساعد على منع إزالة الرطوبه للمنتجات غير المعبأة وذلك اثناء فترة التخزين ، ويعيب استخدام هذه الطريقة هى أن العصارات التى يحتويها المنتج تميل إلى أن تخرج بواسطة الضغط الأسموزى مما يتسبب عنه تلوث محلول التجميد وهكذا يكون ضارا على المنتج فى حالة استخدام محلول ملحى .
كذلك هناك اسلوب آخر يتم بغمر المنتجات بمحلول ملحى أو سكرى مبرد بواسطة رشة خلال رشاشات أثناء مروره أسفل هذه الرشاشات فيتم تجميده .

٣-٤ : الصيانة الدورية

تشمل الصيانة الروتينية اللازمة لأجهزة التكييف عدد من النقاط تعتمد علي الظروف البيئية وطراز الجهاز ولذلك يلزم اتباع الآتي :

أولا : الصيانة الميكانيكية

١- نظافة جميع أنابيب وزعانف المكثف والمبخر
٢- نظافة حوض تجميد الماء المتكاثف
٣- نظافة فتحات ومجاري الماء المتكاثف

٤- الدهان بحالة جيدة ويكون مانعا للصدأ ومنع ظهوره تحت أي ظروف .
٥- الكشف علي بايات الضاغط وتغييرها عند اللزوم
٦- التأكد من اللحام وجودته وذلك بملاحظة تواجد أي نوعية من الزيت عليها وهي التي تدل علي تلف اللحام إذا تواجد
٧- قياس شحنة دائرة التبريد للتأكد من عدم تسريب أي جزء من مركب التبريد
٨- التأكد من اتجاه ريش المراوح وأنها في الاتجاه الصحيح وليس العكس
٩- التأكد من فتحة دخول الهواء إلي الجهاز
١٠- نظافة شبكة ومرشح الجهاز
١١- مراجعة جودة تثبيت الجهاز
١٢- التأكد من ميل الجهاز إلي الخارج بصفة مستمرة

ثانيا : الصيانة الكهربية
١- الكشف علي الوصلات الكهربية
٢- التأكد من سلامة التوصيلات الكهربية عند نقاط الربط
٣- اختبار المنظمات والقواطع والمرحلات والتأكد من سلامتها
٤- مراجعة ملامسات كل القواطع في الدائرة
٥- نظافة المحركات الكهربية والأجزاء الملحقة بها

ثالثا : الأعطال
في هذا الصدد نتولي التعامل مع الأخطاء أو العيوب التي قد تتسبب في تلف أي من أجزاء الدائرة سواء كانت الكهربية أو الحرارية ومن ثم نحتاج إلي إرشادات عامة نضعها قبل الوصول إلي بيان الأعطال .

١- الإرشادات
منعا لتكرار الأعطال يجب التعامل بأسلوب صحيح مع هذه الأجهزة وذلك بمنع ارتفاع درجة الحرارة إلي حدود مرهقة للجهاز أو التأكد من غلق المكان جيدا وعدم وجود فتحات لتسريب الهواء إلي الخارج سواء من النوافذ أو الأبواب أو غير ذلك ، كما يجب فتح المحال الهوائي أمام الجهاز وعدم غلقه والتأكد من نظافة مرشح الهواء

٢- بيان الأعطال
يوضح الجدول رقم ٣-١ بيانا بأهم الأعطال الشائعة وأسباب ظهورها ثم كيفية العلاج المتوقع وهي كلها ترد في جميع كتالوجات التشغيل للأجهزة المتباينة طرازا ونوعا .
بالرغم من أن الإنتقال الحراري هو المحور الجوهري في عملية التكييف إلا أنها تعتمد بالدرجة الأولى علي الدوائر الكهربية سواء كانت دوائر الحماية للضواغط ودوائر التشغيل التي تختص بعكس الدورة الخاصة بالتبريد ثم دوائر التحكم التي تختص بتحديد المعاملات الخاصة بالملحقات أو الضاغط الرئيسي داخل دورة التبريد ولا بد لمهندس الكهرباء من الإلمام بمثل هذه التقنيات وهي التي تواجهه خصوصا مع استخدام التقنيات الحديثة من حاسبات وشبكاتها وشبكة الفيديو كونفرانس التي بدأت تنتشر في مجال خدمات وزارة التربية والتعليم كقاعدة في هذا الصدد وجميعها من الأماكن الهامة التي تحتاج إلي أجهزة التكييف بشكل عام .

الجدول رقم ٣ – ١ : بيان الأعطال في دوائر أجهزة التكييف (الميكانيكية والكهربية)

العيب	الأسباب المحتملة	العلاج
الجهاز لا يدور (المحرك لا يعمل)	فيشة التوصيل غير موصلة سلك الجهاز مقطوع إنهيار مصهر الدائرة المفتاح تالف	يلزم تركيب الفيشة اختبار التوصيل ويتم تغييره تغيير المصهر بعد التأكد من عدم وجود قصر فحص وتربيط التوصيلات احتبار القاطع
الضاغط لا يقوم بينما محرك المروحة يعمل	وجود خطأ في التوصيلات الكهربية ملامسات الثرموستات معطلة تلف القاطع حماية زيادة الحمل تالفة مكثف البدء مفصول فتح ملفات المحرك أو قصر بها	فحص توصيل الأسلاك فحص الثرموستات عند أعلى درجة تبريدبقصره والتشغيل لأنه إذا دار الجهاز يكون تالفا اختبار القاطع اختبار الوقاية وتغييرها إذا لزم الأمر تجربة جهاز وقاية آخر فحص التوصيل والمقاومات ثم التشغيل وبناء عليه يتم التغيير إن لم يقم الجهاز
الجهاز يعمل ولكن كفاءة التبريد قليلة	وجود حمل حراري كبير بالمكان تهوية المكثف غير كافية عوالق بالمواسير والمبخر والزعانف أبواب ونوافذ المكان غير محمكة الغلق وجود إنسداد بمواسير التبريد فتحة ضاغط الهواء النقي مفتوحة كمية الهواء المار قليلة أو منعدمة تراكم ثلج فوق المبخر	اختبار سعة التبريد للجهاز فقد تكون الحاجة لجهاز أكبر تغيير مكان تركيب الجهاز تنظيف المرشحات أو تغييرها التنظيف بالفرشاه أو هواء مضغوط اغلاق النوافذ والأبواب جيدا فحص تواجد ثلج (فروست) علي الماسورة الشعرية كما يقاس تيار الضاغط المار أكثر من المعدل وعدم وجود عائق لحركة الهواء اعطاء التعليمات الصحيحة للتشغيل لقفل الفتحة في الأيام شديدة الحرارة فحص المحرك والتنظيف اتباع التعليمات للتخلص من المحرك
تراكم الثلج علي المبخر	لا يوجد إتصال جيد بين الإنتفاخ الحساس للثرموستات وسطح المبخر الثرموستات تالف مرشح الهواء الراجع مغلق بالعوالق عوالق في طريق الهواء بالمبخر	فحص الانتفاخ للتأكد من جودة التلامس فحص القصر بالثرموستات تنظيف المرشح أو تغييره تنظيف المبخر ومواسيره
محرك المروحة لا يدور بينما الضاغط يعمل	توصيل الأسلاك غير صحيح أو بها قطع تلف مفتاح الجهاز تلف بمحرك المروحة يوجد فتح بمكثف المروحة	فحص الأسلاك مع الرسم التأكد من جودة التوصيلات اختبار المحرك فحص المكثف وتبديله إن لزم
محرك المروحة يدور عكسيا (حالة المكثف البادىء	سلك ملفات التقويم تبدل مع أحد أسلاك ملفات المحرك عند أي نقطة تثبيت	مراجعة التوصيلات مع الرسم الأصلي
محرك المروحة بطيء الدوران في كل السرعات	قصر بمكثف محرك المروحة إنخفاض جهد التغذية تلف مفتاح التشغيل عيوب بحوامل المحرك	تبديل المكثف إن كان تالفا قياس الجهد فحص جودة التوصيلات اختبار المحرك يدويا في حالة الحركة
محرك المروحة يزن ولا يدور	أحد الأسلاك مفصول دائرة المكثف مفتوحة وجود ثني في ريش الموحة تلف محرك المروحة	فحص توصيل الأسلاك اختبار المكثف ضبط الريش اختبار المحرك
المحرك يدور بسرعة مخالفة لوضع الضبط	وجود اختلاف في توصيل الأسلاك للمحرك أو القاطع تلف مفتاح التشغيل	مراجعة التوصيلات بالواقع مع الرسم الأصلي اختبار القاطع
المحرك يعمل مع السرعات العالية فقط	ملفات المحرك مفتوحة تلف القاطع	فحص الأسلاك اختبار المفتاح
المحرك يعمل لفترة قصيرة فقطثم يفصل بزيادة الحمل	جهد التغذية منخفض متمم زيادة الحمل تالف	قياس الجهد تغيير المتمم تغيير المحرك بالكامل إذا المتمم داخليا مع الملفات
صوت غير عادي أو إهتزاز	مسامير تثبيت الضاغط محلحلة وجود احتكاك بين مواسير دائرة التبريد ريش المروحة تحتك مع قاعدة الجهاز مسامير الربط الخاصة بالنقل لم تحل بعد وهي الواجب حلها بعد النقل	فحص التربيط لأماكن التثبيت جميعاوربطها جيدا يتم ابعاد المواسير المتقاربة ابعاد الريش عن القاعدة التأكد من حل المسامير هذه قبل التشغيل
تسرب مياه داخل الغرفة	وجود انسداد بفتحة التصريف لمياه المبخر إلي المكثف الجهاز مائل ناحية الغرفة المركب بها وجود فتحات بقاعدة الجهاز يتسرب منها الماء	اختبار تسرب الماء في الحوض تنظيف الفتحة يمكن غلق الفتحات حسب الوضع الفعلي

References المراجع

هندسة التبريد و التكييف (المعاهد الفنية) – القاهرة - مصر
م/ مصطفى عبد العزيز همام – مدير المحطة – شركة كهرباء القناة - السويس
وجيه جرجس : دوائر التحكم الآلي- ١٩٩٢ – القاهرة .
محمد حامد : التركيبات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – القاهرة – ١٩٩٨
م/ محمود عبد القادر : شركة مصر للتجميد بالاستثمار - ببور سعيد
محمد محمد حامد : الصيانة الكهربائية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية - القاهرة – ٢٠٠١
اسلام السيد محمد جبريل - حاتم سعيد محمود فاضل - منصور السيد محمد السيد – حسن محمد على محمد : محطات التجميد – تقرير – كلية الهندسة – بور سعيد – يناير ٢٠٠٣
مصطفى السيد : رحلة المبردات – البداية والنهاية - مجلة المهندسون – العدد ٦٢ – الكويت (٣٣ –٣٨) ١٩٩٨ .

V. Manoilov: Electricity and Human, Mir, Moscow, 1975.
V. Manoilov:, Fundamentals of Electric Safety Mir, Moscow, 1975.
A. D. Althouse, C. H. Turnquist & A. F. Bracciano: Modern Refrigeration & Air Conditioning, South Holland, Illiois, The goodheart-willcox company, Inc. Publishers, 1988
Giuseppe Durano: Disegno di Impianti Electrici. Telemecanique Manual.
Shan K. Wang: Handbook of conditioning & refrigeration. Boston, McGraw Hill, 2001.
C. P. Arora: Refrigeration & air conditioning, New Delhi, Tata McGraw Hill, 2001.
Manohar Prasad: Refrigeration & air conditioning, New Delhi, New Age International, 1996.
Haines Roger: Control systems for heating, ventilating, & air contitioning. NY, Van Nostrand, 1971.
www.carrier.com
www.b-tech.com.eg
www.power.com.eg
www.alaraby.com.eg

رقم الإيداع ١١٦١٤ / ٢٠٠٢
الترقيم الدولي
ISBN 977 – 6079 – 07 -5